



**5¹⁹⁷⁵ ЗЕМЛЯ
И
ВСЕЛЕННАЯ**

АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА
ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА



**У К А З
ПРЕЗИДИУМА
ВЕРХОВНОГО СОВЕТА СССР**

О награждении Героя Социалистического Труда вице-президента Академии наук СССР академика Виноградова А. П. орденом Ленина и второй Золотой медалью «Серп и Молот».

За выдающиеся заслуги в развитии советской науки, подготовку научных кадров и в связи с восьмидесятилетием со дня рождения наградить Героя Социалистического Труда вице-президента Академии наук СССР академика Виноградова Александра Павловича орденом Ленина и второй Золотой медалью «Серп и Молот».

В ознаменование трудовых подвигов Героя Социалистического Труда тов. Виноградова А. П. соорудить бронзовый бюст на родине Героя.

**Председатель Президиума
Верховного Совета СССР
Н. ПОДГОРНЫЙ**

**Секретарь Президиума
Верховного Совета СССР
М. ГЕОРГАДЗЕ**

(«Правда», 21 августа 1975 г.)

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР
Основан в 1965 году
Выходит 6 раз в год
Издательство «Наука»
Москва

5 СЕНТЯБРЬ ОКТАБРЬ 1975

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

В номере:

В. П. Денисов — Завтрашний день космонавтики	4
А. А. Большой — Управление космическими аппаратами	10
Б. Г. Кузнецов — Джердано Бруно и современность	18
Е. Г. Ерошенко — Магнетизм Луны	26
В. М. Лютый — Оптическая переменность рентгеновских источников	34
А. М. Городницкий — Магнитное поле океана	39
Р. В. Кунцки — Как обучали астрономии штурманов в годы Великой Отечественной войны	45
В. М. Котляков — Ледники Земли и их использование в будущем	48

ЛЮДИ НАУКИ

Л. И. Матвеев — Радиоастрономы — лауреаты Нобелевской премии	56
В. В. Рычков — М. В. Певцов — выдающийся исследователь Централь- ной Азии	62

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

И. А. Кутузов — Проблемы картографирования Луны	66
Ю. С. Тюфлин — Современные методы и результаты картографирова- ния Луны и Марса	68

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

А. А. Михайлов — Триста лет Гриничской обсерватории	74
---	----

ДИСКУССИИ, ГИПОТЕЗЫ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

А. И. Дабижа, М. С. Красс — Земная жизнь взрывных метеоритных кратеров	80
---	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

И. Т. Зоткин — Страничка наблюдателей метеоров	88
--	----

ФАНТАСТИКА

М. Г. Пухов — Необычное столкновение	90
--	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

И. Е. Рахлин — Книги 1976 года Главной редакции физико-математиче- ской литературы издательства «Наука»	94
--	----

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Задание Родины выполнили! [2]; Пульсар в Крабовидной туманности — компонент двойной системы! [24]; Наблюдения рентгеновских двойных [25]; Взаимодействие материи и антиматерии [25]; Рентгеновское излучение Капеллы [25]; Успехи астрохимии [32]; Океанская статистика [54]; Еще одна тепловая машина в земной атмосфере [55]; Необычные волны зыби [55]; Доза радиации близ Юпитера [61]; Течение Тареева [64]; Юбилей А. А. Штернфельда [65]; Третий визит «Маринера-10» к Меркурию [73]; Новые книги [95]; Новая звезда в Лебеде [96].

Задание Родины

Центральному Комитету КПСС, Президиуму Верховного Совета СССР, Совету Министров СССР



Докладываем:

21 июля 1975 года после успешного выполнения программы полета спускаемый аппарат космического корабля «Союз-19» совершил посадку в заданном районе Советского Союза.

Нам выпала большая честь участвовать в первом в истории человечества совместном полете космических кораблей двух стран — СССР и США. В этом важном для дела мира и прогресса всех народов земли космическом полете нас вдохновляли высокая оценка труда ученых, конструкторов, рабочих, космонавтов и теплые слова приветствия товарища Л. И. Брежнева.

В ходе полета впервые были осуществлены стыковки космических кораблей: советского — «Союза» и американского — «Аполлона». Все системы, оборудование и научная аппаратура космического корабля «Союз-19» полностью обеспечили выполнение запланированных работ.

Горячо благодарим Центральный Комитет КПСС, Президиум Верховного Совета СССР и Совет Министров СССР за оказанное нам доверие.

Экипаж корабля готов к выполнению новых заданий Родины.

**Командир корабля ЛЕОНОВ
Бортинженер КУБАСОВ**

Мы, ученые, конструкторы, инженеры, техники, рабочие и космонавты, участвовавшие в подготовке и проведении первого в истории международного совместного полета космических кораблей — «Союз-19» и «Аполлон», сердечно благодарим Центральный Комитет КПСС, Президиум Верховного Совета СССР и Совет Министров СССР за большую заботу и внимание к работе наших коллективов и организаций, за сердечные слова приветствия и поздравления.

Мы рады, что наш труд высоко оценен родной Коммунистической партией, правительством и лично товарищем Леонидом Ильичом Брежневым, которые неуклонно и последовательно проводят политику мира и разрядки международной напряженности. Стыковка в космосе — яркий и убедительный пример того, что объединение усилий советского и американского народов в решении ключевых научно-технических проблем вполне возможно и служит интересам всего человечества.

Исторический совместный полет космических кораблей разных континентов открывает новые горизонты сотрудничества в космосе всех стран. Заверяем ленинский Центральный Комитет Коммунистической партии Советского Союза, Президиум Верховного Совета СССР и Советское правительство, что мы и впредь будем самоотверженно трудиться над выполнением ответственных заданий Родины по дальнейшему исследованию и освоению космического пространства.

ВЫПОЛНИЛИ!

Центральному Комитету КПСС, Президиуму Верховного Совета СССР, Совету Министров СССР



Экипаж космического корабля «Союз-18» докладывает: 26 июля 1975 года после 63-суточного космического полета на орбитальной научной станции «Салют-4» и транспортном корабле «Союз-18» мы совершили посадку в заданном районе Советского Союза.

Намеченная программа научно-технических и медико-биологических исследований и экспериментов на станции «Салют-4» нами выполнена полностью. Эстафета исследований, которую мы приняли у летчиков-космонавтов СССР — А. А. Губарева и Г. М. Греčko, успешно завершена. Космический комплекс «Салют-4» — «Союз-18» работал безотказно.

В процессе осуществления широкого круга исследований и экспериментов подтверждено, что орбитальные станции «Салют», оснащенные всем необходимым современным оборудованием и аппаратурой, надежными средствами жизнеобеспечения экипажей, обеспечивают возможность длительно и эффективно работать в интересах науки и народного хозяйства. Такие станции могут с успехом функционировать как в пилотируемом, так и автоматическом режимах.

Сердечно благодарим Центральный Комитет КПСС, Президиум Верховного Совета СССР и Совет Министров СССР за высокое доверие по осуществлению этого длительного полета.

Чувствуем себя хорошо, готовы выполнить новые задания Коммунистической партии и Советского правительства.

**Командир корабля КЛИМУК
Бортинженер СЕВАСТЬЯНОВ**

Мы, ученые, конструкторы, инженеры, техники, рабочие и космонавты, принимавшие участие в подготовке и осуществлении длительного космического полета орбитальной научной станции «Салют-4» и транспортного корабля «Союз-18», выражаем глубокую благодарность Центральному Комитету КПСС, Президиуму Верховного Совета СССР и Совету Министров СССР за постоянную поддержку в работе наших коллективов и организаций, за поздравления и сердечные слова приветствия в связи с завершением этого полета.

Успешное выполнение большого комплекса исследований и экспериментов, проведенных на борту орбитальной научной станции «Салют-4» и имеющих важное научное и народнохозяйственное значение, мы посвящаем предстоящему XXV съезду Коммунистической партии Советского Союза.

Проведенный длительный космический полет орбитальной научной станции «Салют-4» со сменными экипажами подтвердил ее большие возможности и высокую эффективность. С учетом накопленного опыта мы будем и дальше совершенствовать конструкции таких станций и оснащать их новейшим оборудованием и научной аппаратурой.

Мы хорошо понимаем, какие ответственные задачи возложены на наши коллективы партии и правительства по выполнению отечественной программы в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях.

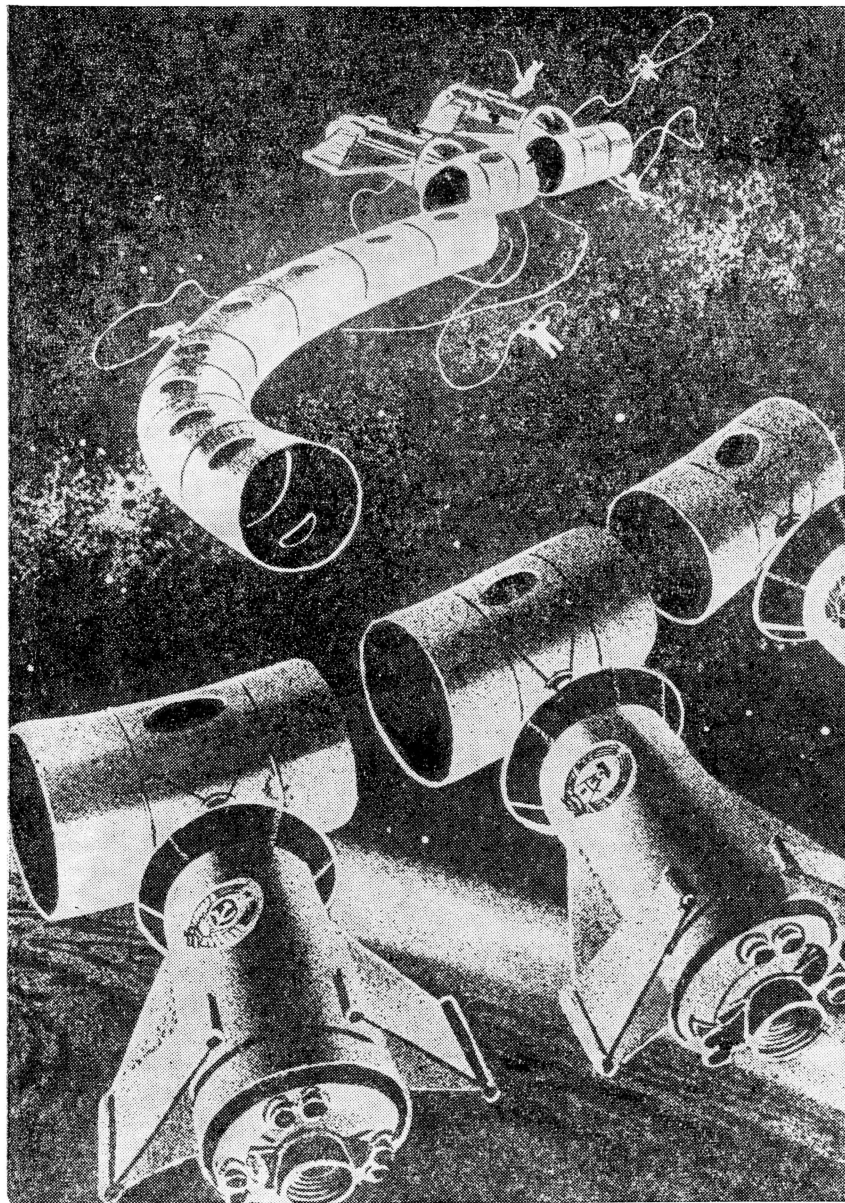
Выражаем сердечную благодарность Генеральному секретарю ЦК КПСС товарищу Л. И. Брежневу за его большое внимание к нашей работе и постоянную заботу о развитии советской космонавтики.

Завяряем ленинский Центральный Комитет Коммунистической партии Советского Союза, Президиум Верховного Совета СССР и Советское правительство, что приложим все наши знания и силы для дальнейшего развития космической техники в интересах науки и всех отраслей народного хозяйства.



Кандидат технических наук
В. П. ДЕНИСОВ

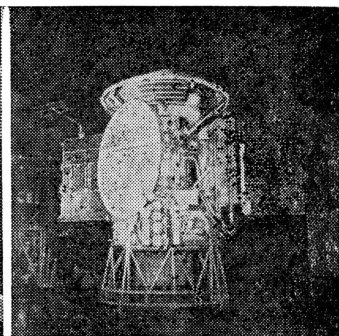
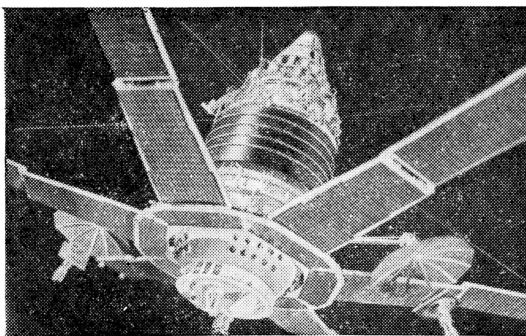
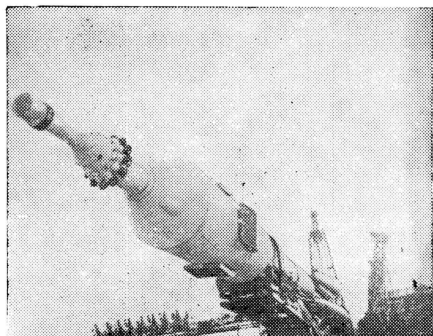
Завтрашний день космонавтики



За минувшие 18 лет космической эры, открытой 4 октября 1957 года запуском первого советского искусственного спутника Земли, успешно решены основные, фундаментальные задачи космонавтики, создано семейство разнообразных искусственных спутников Земли, осуществлены посадки автоматических станций на Луну, Венеру и Марс. Сам человек, совершив первые рейсы на пилотируемых кораблях, вышел в открытый космос, высадился на поверхность Луны, приступил к длительным полетам на орбитальных научных станциях. И это не только путешествия в неизведанные дали, но и начало использования достижений космонавтики во имя и на благо человека. Мы живем в то время, когда человечество уже эффективно использует ракетно-космическую технику для освоения космоса и решения многих практических нужд. Космонавтика завтрашнего дня — предмет исследований и размышлений ученых, инженеров, писателей и художников-фантастов, своеобразный синтез научно-технических прогнозов и мыслей, «выстраивающих» космическое завтра из успехов космонавтики сегодняшнего дня.



«Первый интернациональный»



ПУТИ РАЗВИТИЯ КОСМОНАВТИКИ

К космическим полетам привыкли. По мнению многих, они перестали быть сенсацией. Вот если бы космонавты улетели далеко-далеко, куда-нибудь, скажем, на кольцо Сатурна или спутники Юпитера, то это, может быть, поразило бы воображение взыскательных землян, столь быстро привыкших к тому, что космонавтике все подвластно. Но не слишком ли будничен тон подобных рассуждений? Разве могли люди 200, 100 и даже 30 лет назад представить, какие события будут волновать мир в 60—70-х годах XX века? Ведь мы достигли того, о чем наши предки могли лишь мечтать и создавать легенды и мифы. И сейчас часто увлекательные мечты и их свершения идут рядом.

За исключительно короткий срок стало общепризнанным, что космос нужен всем: в околоземное космическое пространство запускаются советские, американские, английские, французские, канадские, итальянские, японские, китайские и индийские спутники. Вместе с Советским Союзом участвуют в исследовании космоса социалистические страны: Болгария, Венгрия, ГДР, Польша, Румыния, Чехословакия. Плодотворно и международное сотрудничество нашей страны с США, Францией, Индией и другими странами. Международная космическая программа 1975 года — первый полет советских и американских космонавтов со стыковкой на околоземной орбите кораблей «Союз» и «Аполлон». Этот эксперимент положил начало взаимопомощи в космосе, международным

пилотируемым полетам и стыковке космических аппаратов разных стран.

Космические исследования все глубже входят в жизнь всего человечества, играют огромную роль в научно-техническом прогрессе, экономике, оказывают заметное влияние на повышение благосостояния народов, а сама космонавтика выступает как своеобразный синтез того, что достигнуто сейчас мировой наукой и техникой. Многие страны уже сегодня рассматривают космонавтику как важный объект научно-технического и социального прогнозирования и планирования. В СССР управление ее развитием базируется на общегосударственных интересах и неразрывно связано с потребностями науки и всего народного хозяйства.

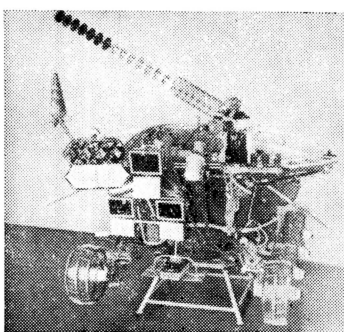
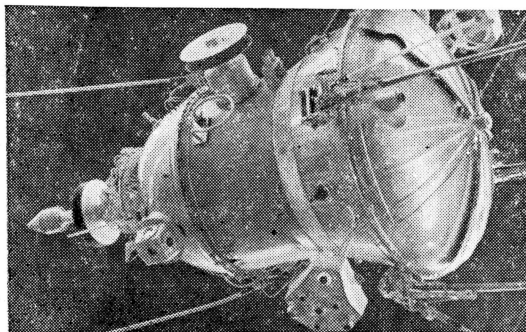
Прогнозируя основные направления развития космонавтики на ближайшие десятилетия, следует выделить важнейшие области полетов космических аппаратов. К ним, как и прежде, можно отнести: околоземное космическое пространство, Луну и ее окрестности, Солнце, планеты и другие небесные тела, а также межпланетное космическое пространство в пределах Солнечной системы. Для каждого из этих полетов характерны свои задачи, специфические конструкции и состав аппаратуры космических средств. Кратко охарактеризуем дальнейшее развитие космонавтики.

ПРОГРЕСС РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Одно из главных направлений космонавтики — повышение эффек-

тивности создаваемых космических средств. Это — фундамент и залог будущих успехов освоения космического пространства. Подход к решению проблем ракетно-космической техники с экономической точки зрения требует развития прежде всего многоразовых средств выведения аппаратов в космос с последующей их доставкой на рабочие орбиты. Лучшая энерговооруженность транспортных систем многократного применения даст возможность выводить на орбиты полезные нагрузки большего веса при меньшей относительной стоимости запуска. Транспортные корабли недалекого будущего значительно изменят свой внешний вид по сравнению с современными аппаратами и станут крылатыми. Их основные преимущества: высокая горизонтальная маневренность во время входа в атмосферу и посадки на Землю, многократность использования, значительно снижающая стоимость снабжения и обслуживания орбитальных космических станций и автоматических систем.

Основные пути совершенствования космической техники: создание принципиально новых схем конструкций аппаратов, ракетных двигателей, микроминиатюризация аппаратуры, снижение веса приборов и систем, увеличение ресурса работы определяющих элементов космических аппаратов, повышение информативности систем сбора и передачи данных. Это в свою очередь требует совершенствования смежных с космонавтикой областей техники — энергетики, радиоэлектроники, материаловедения, вычислительной техники, приборостроения...



Предполагается, что в будущем в значительной степени разовьются принципы унификации используемого оборудования, что позволит создавать системы, работающие в широком диапазоне, и обеспечит быструю переналадку аппаратуры и организацию более динамических и гибких комплексов для исследований. Дальнейшему совершенствованию подвергнется и методика организации работ на Земле и в космосе.

Вместе с развитием средств выведения и совершенствованием космических аппаратов, дальнейшей разработки потребуют и системы подготовки запусков, наземные средства транспортировки, топливная база и многое другое. Таким образом, термины «космизация науки», «космизация техники», «космизация производства» должны в итоге стать нормой и программой будущих работ.

ОКОЛОЗЕМНОЕ КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО

В распоряжение ученых и практиков поступят в недалеком будущем тяжелые автоматические универсальные космические комплексы многоцелевого назначения с разнообразной аппаратурой для систематических исследований. Изменят свой облик и космические корабли и орбитальные станции, возрастет объем и сложность решаемых задач, увеличится значительно число членов экипажей и количество пилотируемых полетов.

Очевидно, будущие космические станции, корабли и спутники пополнят свой технический арсенал уни-

фицированными устройствами терморегулирования, телеметрии, радиоаппаратуры и многими другими. Это обеспечит их работу на многие годы. Околоземное космическое пространство будет исследоваться и осваиваться с помощью автоматических спутников и пилотируемых средств — орбитальных станций, транспортных кораблей и кораблей автономных полетов.

ОРБИТАЛЬНЫЕ ПИЛОТИРУЕМЫЕ СРЕДСТВА

Представьте себе одно из таких грандиозных сооружений: орбитальная конструкция, собранная в космосе из отдельных больших секций и обслуживаемая транспортными кораблями. Через шлюзовые отсеки члены экипажа выходят в открытый космос для осмотра станций и доставки результатов исследований, выполненных с помощью наружных приборов. Научному комплексу аппаратуры, размещенному на борту станции, доступны излучения всех длин волн, в чем, как известно, очень заинтересованы астрофизики.

Ученые получают прекрасную лабораторию. Здесь в космосе есть вакуум, широкий спектр излучений, невесомость, то есть все условия для проведения различных медико-биологических исследований. Специфические особенности космической среды позволяют организовать на орбитальных станциях работы по созданию новых химических и биологических препаратов, эффективнейших медикаментов, разнообразнейших материалов с ранее неизвестными свойствами.

В дальнейшем можно представить еще более мощные орбитальные станции, целые научно-исследовательские комплексы на околоземных орбитах. Экипаж — десятки человек, люди самых разных земных и космических профессий. Такая станция рассчитывается на функционирование в течение десятилетий. Поэтому в ней предусмотрено и съемное оборудование, и универсальная аппаратура, и мощная атомная электростанция, и многие другие устройства. Есть здесь и целая космическая верфь, где будут обслуживаться транспортные корабли и корабли, совершающие свои автономные научные исследования. По мере необходимости они сменяют экипаж, доставят на борт станции компоненты систем жизнеобеспечения, оборудования, аппаратуру. Эти же корабли возвращают на Землю грузы и материалы научных исследований. Не такими ли эффективными и внушительными сооружениями представлял «Эфирные поселения» наш великий соотечественник К. Э. Циолковский? Прогнозы ученого сбываются на практике не через 150—200 лет, а вдвое, втрое быстрее!

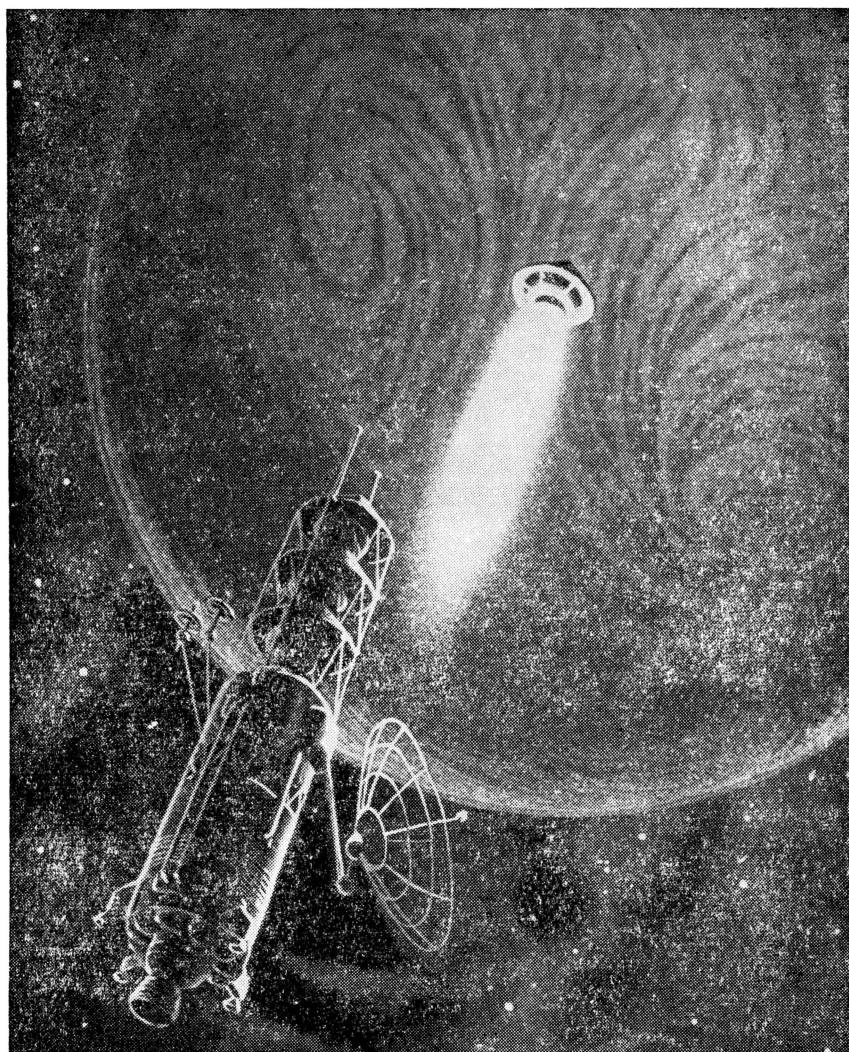
ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ ЗЕМЛИ

Будут развиваться и автоматические искусственные спутники Земли. Новые системы метеорологических спутников охватят весь земной шар. Надежные предсказания погоды на месяц и более продолжительное время позволят более точно определить сроки сельскохозяйственных, строительных и других работ. Подробные метеосводки помогут рационально использовать водные ресурсы, повы-

силь экономичность транспортных перевозок. Доступ к метеоинформации из космоса, получаемой с помощью всемирной космической системы метеорологии, будут иметь практически все государства.

Небывалое развитие получит космическая связь и телевидение, практическую ценность которых мы уже все оценили достаточно высоко. Развитие нового вида спутников связи с большей мощностью передатчиков даст возможность принимать телесигналы непосредственно на антенны телевизоров. Применение подобных систем может при соответствующей международной организации передач привести к большому прогрессу в образовании, культуре, позволит ознакомить сотни миллионов людей с новейшими научно-техническими и социально-экономическими достижениями.

В ближайшие годы предполагается широко использовать спутники для навигации и геодезии. Навигационные и геодезические спутники дадут возможность создать регулярную диспетчерскую службу морского флота и авиации, службу прокладки трасс трансконтинентальных электропередач и нефтепроводов по выбору и привязке мест новых предприятий, городов и поселков. Так система из навигационных спутников в сочетании с наземной системой обеспечения и бортовой аппаратурой самолетов и кораблей позволит устанавливать точное местоположение этих объектов в любое время суток при любых метеоусловиях, обеспечить ретрансляцию радиотелефонных переговоров пассажиров с Землей. На основании данных, получаемых

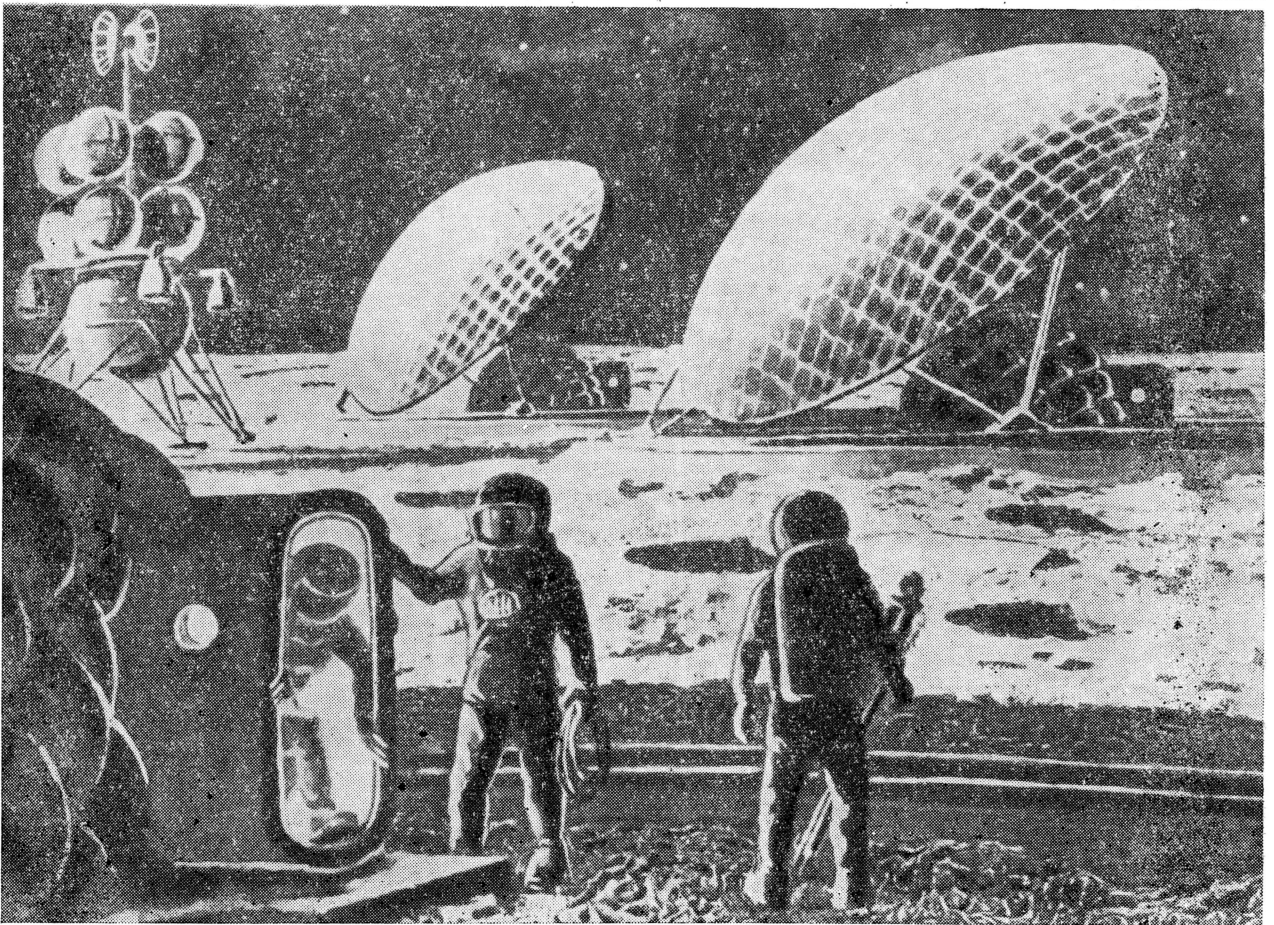
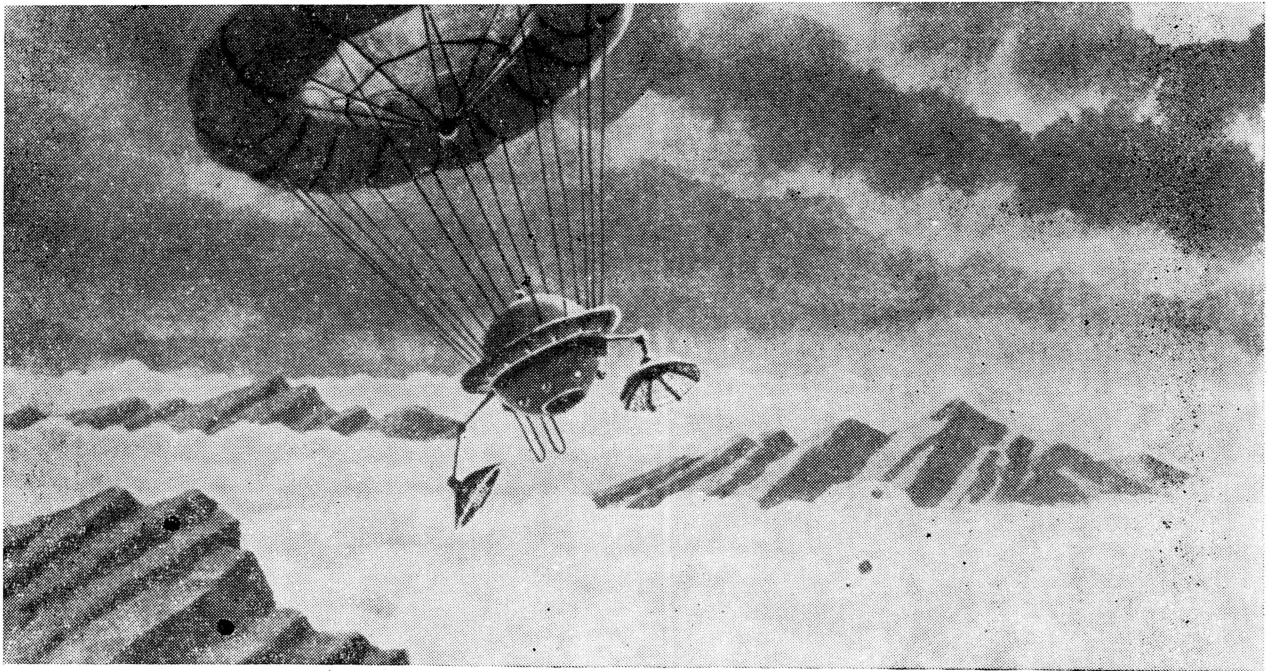


такими спутниками, можно будет рекомендовать оптимальные маршруты воздушных и морских лайнеров.

Важные задачи отводятся и гео-

дезическим спутникам, которые способны в перспективе обеспечить

«Очередной «Зонд» идет к Нептуну»



колоссальную точность привязки материков или отдельных пунктов (до нескольких метров!) и уточнить фигуру Земли.

Большие надежды возлагает на космические аппараты народное хозяйство. Уже сегодня появилось множество публикаций о создании нового класса спутников для исследования природных ресурсов. Оснащенные разнообразной аппаратурой, они помогут наблюдать за ледовитостью северных морей, морскими течениями, движениями льдов, температурой и соленостью в Мировом океане, регистрировать перемещение планктона, вести контроль за лесными массивами, сельскохозяйственными работами, обнаруживать полезные ископаемые.

В программу исследовательских работ на спутниках и орбитальных станциях войдет изучение верхней атмосферы Земли, магнитосферы, разнообразные астрономические и астрофизические исследования.

Трудно сейчас прогнозировать все возможности использования космических аппаратов и перечислить тот комплекс задач, которые сможет решать с их помощью наука и техника недалекого будущего. Оценки в деталях излишни. Однако уже сегодня ясно, что космические исследования внесут лепту в дальнейшее развитие человечества.

ЛУНА И ОКОЛОЛУННОЕ ПРОСТРАНСТВО

Луна — своеобразный научно-технический полигон, где и в дальнейшем будут выполняться разные научные исследования и проводиться всесторонняя проверка правильности инженерных решений. Будет фундаментально изучаться обратная сторона Луны, ее полярные и высокогорные районы, исследоваться глубинные слои лунного грунта.

С созданием на Луне постоянно действующей автоматической Службы Луны станут проводиться систематические измерения космического излучения, корпускулярных потоков и других явлений, искажаемых вблизи Земли ее магнитным полем. Служба Луны позволит уточнить также ряд физических характеристик Луны в разных районах ее поверхности и окололунном пространстве. С Луны можно изучать солнечно-земные связи и процессы, происходящие в верхних слоях земной атмосферы. Так, например, с нее можно проводить одновременное наблюдение синоптических процессов, организовывать ретрансляционную связь с Землей.

Со временем на Луне могут быть созданы различные технические средства, заводы, лаборатории, предназначенные для проведения технологических процессов, затрудненных или невозможных в земных условиях. И, как сегодня, каждый полет автоматических или пилотируемых аппаратов к Луне будет приумножать сведения о ней, приносить новые данные о Вселенной.

ДАЛЬНИЙ КОСМОС

А теперь совершим небольшое путешествие в будущее межпланетных полетов. Изучение физических особенностей небесных тел и межпланетного пространства позволяют ученым в будущем решать фундаментальные проблемы, связанные с происхождением и эволюцией планет, их атмосфер, магнитных полей и разных других явлений. В ближайшие годы многие из этих проблем будут решаться с помощью автоматических межпланетных станций. Масштабы путешествий их расширятся, и к концу этого тысячелетия они полетят, видимо, к Нептуну и Плутону.

Новые автоматические посланцы к Венере и Марсу проведут радиолокацию и картографирование их поверхностей. Многие ученые считают, что создание дрейфующих в атмосфере Венеры зондов-аэростатов — одна из ближайших задач космической техники. На повестку дня нужно ставить уже задачу доставки грунта с Марса и его спутников и с других небесных тел. Космонавтика вплотную подошла к изучению Солнца, дальних планет, астероидов. Пролеты и даже посадка на астероиды, фотографирование с близких расстояний комет — все это предстоит осуществить в недалеком будущем.

Большой научный интерес представляют исследования районов Солнечной системы, лежащих в плоскости эклиптики. Запуск же космических аппаратов на траектории, образующие большой угол с плоскостью эклиптики, по-видимому, еще долгое время будет невозможен по энергетическим соображениям. Таким

■ *«Снова у Венеры»*

■ *«Лунный поселок»*

Доктор технических наук
А. А. БОЛЬШОЙ

Управление космическими аппаратами

образом, области космического пространства, расположенные «над» и «под» плоскостью эклиптики, еще некоторое время будут для нас недостижимыми. Нет сомнений, что исследования дальнего космоса будут осуществляться главным образом автоматами, а сами перелеты еще долго будут оставаться для космонавтов «труднодоступными». О более дальних полетах приходится пока лишь мечтать, ибо если ракете даже и сообщить скорость, близкую к скорости света, то для полета (с возвращением аппаратов) до ближайших звезд нашей Галактики понадобится не менее 10 лет.

В своем движении вперед человечество неизменно мобилизует имеющиеся возможности и опирается на наивысшие технические достижения. Это позволяет производить научный поиск в различных сферах деятельности, расширяя их и изыскивая новые направления развития. Процесс проникновения во Вселенную будет и в дальнейшем происходить во все возрастающем темпе. И хотя космос покорить нелегко, можно с уверенностью сказать, что многовековая мечта человечества сбудется. Пройдут годы... И, может быть, нам самим суждено будет рассматривать на объемных цветных телеэкранах загадочные кольца Сатурна или панорамы Урана, Нептуна, Плутона, быть свидетелями новых побед мировой космонавтики.

С запуском первого искусственного спутника Земли появилось не только новое слово — спутник, но вместе с ним и координационно-вычислительный центр, командно-измерительный комплекс, Центр управления полетом...

Какие бы цели ни преследовали запуски аппаратов в космос, какие бы задачи ни решались с помощью той или иной космической системы, во всех случаях неизменно остаются необходимыми: проверка состояния и работоспособности самого спутника или станции, определение параметров орбиты, контроль правильности отработки программ, постановка новых и корректировка ранее поставленных заданий, передача на Землю результатов. Планирование и выполнение всех этих и других работ, обеспечивающих реализацию программы полета, и составляет содержание понятия «Управление космическими аппаратами».

Управление космическими объектами практически всех типов и классов как ближнего, так и дальнего космоса, осуществляется и на обозримый период времени будет осуществляться комбинированным командно-программным методом. По этому методу управление производится подачей с Земли радиокоманд на борт аппаратов. Широко используется и бортовая автоматика — командно-временные и программно-временные устройства, бортовые электронно-вычислительные машины. Командно-программное управление, исполь-

зуя преимущества автономного (на спутнике) и радиотехнического (с Земли) методов, оптимизирует управление космическими аппаратами, облегчает и удешевляет бортовые системы, обеспечивает необходимую оперативность. Вместе с тем, упрощается управление, разгружаются наземные средства, становится возможным выполнение необходимых операций на борту аппарата и в то время когда он находится вне зоны действия командно-измерительных пунктов. Применение бортовой автоматики и, в особенности, бортовых электронно-вычислительных машин позволяет весьма «гибко» учитывать изменения задач и условий полета при существенном уменьшении «обмена» между космическим объектом и Землей.

КОМАНДНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Для осуществления взаимодействия с Землей — управления, измерений, передачи информации с Земли на борт аппаратов и обратно, а также выполнения других задач — нужны соответствующие средства. Они сосредоточены в Наземном командно-измерительном комплексе (НКИК). Командно-измерительные средства редко создаются для управления аппаратами только одного класса или назначения. Обычно они являются общими, «коллективными». Вместе с тем, в зависимости от назначения, способов использования и задач полета космических аппаратов они могут значительно различаться. Каждый из этапов и направлений развития космонавтики — запуск спутников-ав-

Репродукции с цветных картин
А. Леонова и А. Соколова.

томатов серии «Космос», полеты к Луне, Марсу, Венере; активное маневрирование в космосе и стыковка; пилотируемые полеты и создание долговременных, «посещаемых» орбитальных станций; использование космической техники для связи, телевидения, навигации, других народнохозяйственных целей — создают новые условия, выдвигают дополнительные требования к методам управления полетом и к командно-измерительным комплексам. Например, средства и способы управления околоземными объектами и аппаратами дальнего космоса отличаются довольно существенно.

Характерная особенность командно-измерительного комплекса для управления околоземными аппаратами — размещение измерительных и управляющих средств в различных районах страны и даже земного шара. Это обусловлено тем, что из-за сравнительно малых удалений от Земли низкоорбитальных спутников и больших скоростей их перемещения время нахождения объектов в зоне радиовидимости каждого пункта, на одном витке, составляет всего 5—10 минут. Чтобы обеспечить более длительную, а иногда и непрерывную связь, используются несколько измерительных пунктов. Важно и то, что точность определения параметров орбиты космических аппаратов при измерениях из нескольких пунктов намного возрастает.

В тех случаях, когда сеть стационарных наземных средств оказывается недостаточной, к управлению полетом подключаются научно-исследовательские экспедиционные суда Академии наук СССР, великолепно осна-

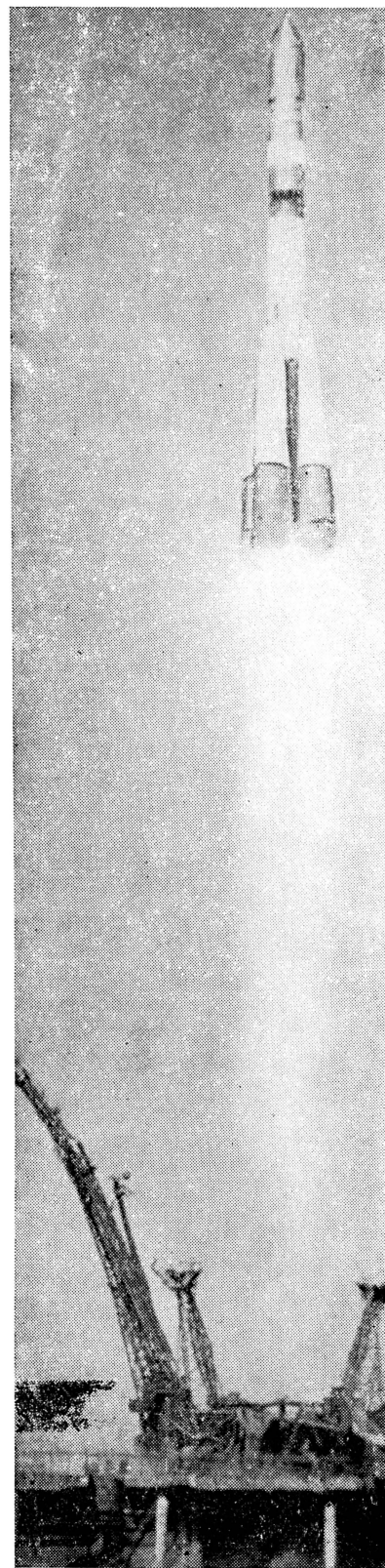
щенные аппаратурой, можно сказать, «плавающие пункты» управления, такие, как «Космонавт Юрий Гагарин», «Академик Сергей Королев», «Космонавт Владимир Комаров» и др. Иногда для непрерывной связи с космическими станциями используются самолетные измерительные пункты. Эти самолеты-лаборатории, вылетая в заданные районы, осуществляют в полете или на Земле запланированные измерения, ведут прием и обработку телеметрической и научной информации.

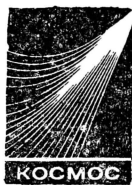
Основные средства управления, определяющие, так сказать, облик командно-измерительного комплекса, его главные эксплуатационно-технические характеристики: аппаратура орбитальных (траекторных) измерений параметров движения космического объекта и определения его орбиты; телеметрическая аппаратура контроля исправности и режимов работы бортовых систем и диагностики состояния аппарата; командно-программная аппаратура для выдачи управляющих радиокоманд, передачи («закладки») на борт программ управления, а также контроля прохождения и исполнения команд и программ. В зависимости от задач и назначения спутников, пилотируемых кораблей, автоматических станций в составе наземного комплекса имеются различные виды, типы, классы этих устройств. Во многих случаях применяются



Старт ракеты-носителя с космическим кораблем «Восход-2», с борта которого впервые вышел в открытый космос советский космонавт А. А. Леонов

Фото АПН





«совмещенные» командно-измерительные средства, позволяющие поочередно или одновременно вести траекторные (орбитальные) и телеметрические измерения, выдавать команды, осуществлять телефонную, телеграфную и телевизионную связь, вести другие операции взаимодействия. Именно такая функционально совмещенная аппаратура используется в управлении объектами дальнего космоса типа «Луна», «Венера», «Марс».

Управление межпланетными станциями имеет и другие особенности. Сигналы от этих станций очень слабы из-за вполне понятных ограничений в весе, габаритах бортовой радиоаппаратуры и энергетики, а также вследствие затухания сигналов за время распространения. Понадобились антенны с большой эффективной поверхностью, «собирающие» энергию передаваемых из космоса радиосигналов. Эти сложные, многотонные сооружения приводятся в действие мощным, но весьма «чутким» приводом, управляемым с помощью ЭВМ. И все-таки сигналы от межпланетных станций остаются очень слабыми, едва отличимыми от помех. Поэтому до подачи сигналов к приборам, выделяющим переданную информацию, их приходится усиливать.

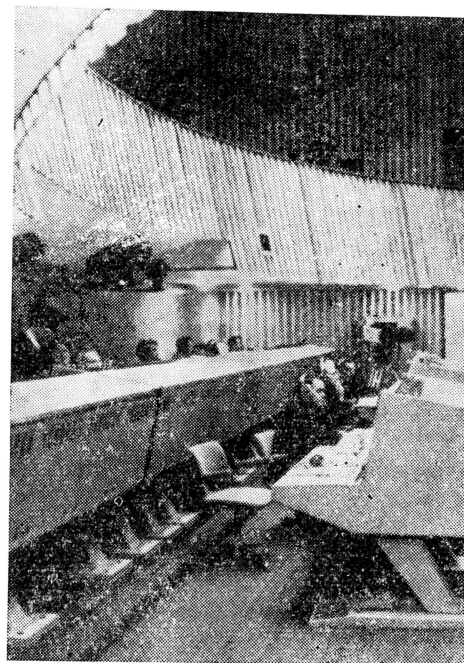
Еще одна особенность управления космическими аппаратами дальнего космоса: межпланетные станции, удаленные от Земли на сотни тысяч и миллионы километров, долго остаются в зоне радиовидимости измерительных пунктов, в результате чего время возможной связи с ними достигает 10—11 часов. Чтобы обеспечить длительную или даже непрерыв-

ную связь с межпланетными станциями, достаточно обычно двух-трех командно-измерительных пунктов.

Для управления аппаратами типа «Луноход», помимо обычных командно-измерительных средств дальнего космоса, применялся специализированный комплекс дальнего дистанционного управления. Сложность и напряженность управления луноходом, движущимся в условиях неизвестной, труднопроходимой местности, заключается, в частности в том, что экипаж определяет дальность по плоским изображениям на телеэкранах, а о положении аппарата на поверхности (его крене и дифференте) судит лишь по приборам. Трудность управления усугубляется еще и тем, что с момента подачи управляющей команды до получения сведений («квитанции») о ее выполнении проходит 2,6 секунды.

Мощные «дальнобойные» антенны, чувствительнейшая приемная аппаратура, фильтрация помех, все уменьшающаяся скорость приема информации в единицу времени с удалением космической станции от Земли, концентрация управления полетом на двух-трех пунктах — характерные особенности средств управления аппаратами дальнего космоса.

Техническое оснащение командно-измерительного комплекса не исчерпывается перечисленными средствами. Используются также быстродействующие электронно-вычислительные машины, аппаратура автоматического ввода результатов траекторных измерений в ЭВМ, системы автоматической обработки данных радиотелеизмерений в ходе полета и выдачи результатов в виде таб-



лиц, графиков, кривых. Эта аппаратура объединяется в специализированные информационно-вычислительные Комплексы, в которые, помимо самих ЭВМ, входят устройства памяти, средства вывода информации для наглядного обозрения.

Необходимая составная часть командно-измерительного комплекса — Служба Единого времени (СЕВ). Она

Советский Центр управления полетом. Один из моментов подготовки советского и американского центров управления к экспериментальному полету космических кораблей «Союз» и «Аполлон»

Фото АПН



«привязывает» к единому времени всю получаемую информацию, а также операции всех служб и средств, удаленных друг от друга на многие сотни и тысячи километров.

Специальные атомные, молекулярные или кварцевые часы позволяют исчислять и «хранить» время с высокой точностью в течение длительного срока. Эта служба используется и для регулярного сравнения бортовых и наземных часов, корректирования ухода часов на космическом объекте и поддержания соответствия (синхронизма) бортового и наземного времени.

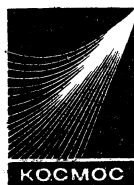
Чрезвычайно важную функцию в управлении полетом и обеспечении

взаимодействия всех наземных служб и средств выполняет Служба связи. Все командно-измерительные пункты, плавучие средства, самолетные измерительные пункты связаны между собой, с Центром управления полетом и другими организациями, участвующими в управлении полетом, специальными проводными и радиоканалами связи. Все чаще в управлении принимают участие спутники связи. Например, радиоканалы, образованные с помощью спутников «Молния», использовались при полете кораблей типа «Союз», станций «Марс».

Определяющие качества командно-измерительных средств — их надеж-

ность, то есть безусловная готовность к действию в запланированное время и безотказность в процессе работы, быстрота перестройки и широкий набор радиоволн. Для космических систем, находящихся в эксплуатации, немаловажны и такие характеристики наземных средств, как малое время вхождения в номинальный режим, продолжительность непрерывной работы, большой ресурс, длительные межремонтные сроки эксплуатации.

Несколько слов об особенностях управления пилотируемыми аппаратами. Несмотря на все более активное участие космонавтов в выполнении программы полета и ее оптимизации, присутствие человека на борту



корабля не уменьшает, а существенно расширяет задачи командно-измерительного комплекса и Центров управления полетом. Появляются такие специфические задачи, как поддержание телефонной, телеграфной и телевизионной связи с экипажами, оперативная оценка радиационной обстановки в зоне полета, постоянный объективный (не зависящий от сообщений самого экипажа) биомедицинский контроль состояния космонавтов, достоверный телеметрический контроль и особо надежная диагностика состояния систем жизнеобеспечения и возврата на Землю, «снабжение» экипажа высокоточными баллистическими и навигационными данными; постоянная и корректируемая синхронизация работы командно-измерительного комплекса с действиями космонавтов.

При управлении пилотируемым кораблем очень важно оптимально определить функции экипажа, на который, естественно, должны возлагаться наиболее «тонкие», творческие задачи. В частности, такие, где требуется умение оценить неплановое развитие событий в ходе полета, учесть многие противоречивые и трудно формализуемые факторы и ситуации, быстро перестроить программу полета. Значительно более высокие, сравнительно с беспилотными аппаратами, требования к обеспечению надежности и безопасности спуска с орбиты, мягкой посадки, быстрого и максимально точного определения места приземления — не требуют дополнительных пояснений.

ЦЕНТРЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ

Руководство всеми процессами — операциями управления ведется из Центров управления полетом (ЦУП), которые связаны специальными каналами со всеми командно-измерительными пунктами и службами наземного обеспечения космических полетов. Их основные подразделения (группы): **«управления»**, разрабатывающая витковые, сеансные и суточные программы, корректирующая их в ходе полета и объединяющая деятельность всех звеньев управления; **баллистического обеспечения полета**, в задачи которой входят определение параметров орбиты, ее эволюции в ходе полета и другие баллистические расчеты; **диагностики и телеконтроля** для анализа состояния космического аппарата и поддержания необходимых режимов работы его бортовых систем, моделирования и имитирования различных ситуаций; **расчета, выдачи и контроля исполнения команд**. Помимо этих групп в Центре управления функционируют подразделения **связи и телевидения; планирования и координации** работы служб и средств управления.

Задачи планирования и координации рассмотрим несколько подробнее. В настоящее время в космосе всегда находится много действующих космических объектов различных типов и назначений. Их количество и типы, непрерывно изменяющееся взаиморасположение космических аппаратов в пространстве, ограниченность используемых для управления радиоволн и кодов, состояние бортовых систем и их способность к работе без дополнительных

ограничений, «приоритет» одного аппарата по отношению к другим, изменения в программах, состояние командно-измерительных средств — все это и определяет «космическую обстановку». Главная задача координационной группы — распределение командно-измерительных средств и планирование деятельности всех подразделений по каждому из космических объектов, обеспечение «увязки» работы всех бортовых систем наземного оборудования.

Каждый объект вводится в график управления космическими системами. Этот график определяет взаимодействие всех «бортов» объектов с основными и вспомогательными наземными средствами как в нормальных («штатных») условиях, так и на случай непредвиденных ситуаций, возможных в ходе полета. Осуществляется также координация деятельности всех командно-измерительных комплексов и Центров управления, занятых «обслуживанием» космических аппаратов различного назначения.

Группы управления и координации в Центрах управления оборудованы рабочими местами (пультами), на которых имеется вся баллистическая, телеметрическая и иная информация, необходимая для управления полетом. Системы отображения позволяют увидеть результаты исполнения выданных на борт команд и программ. Здесь же телеэкраны наземного и космического телевидения. «Управленцы» и «координаторы» могут также вызвать из памяти информационно-вычислительного комплекса требующиеся данные и воспроизвести ту или иную мину-

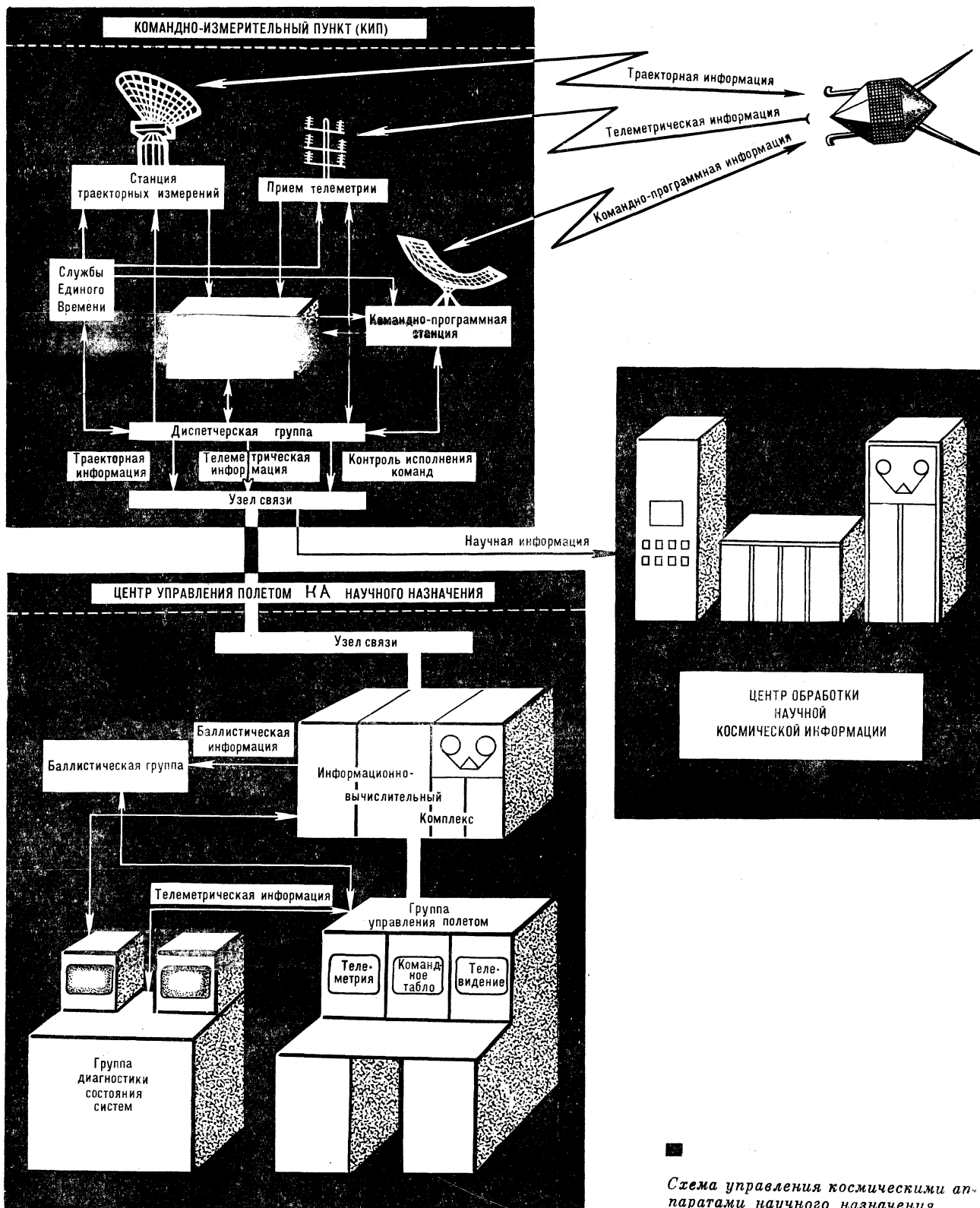
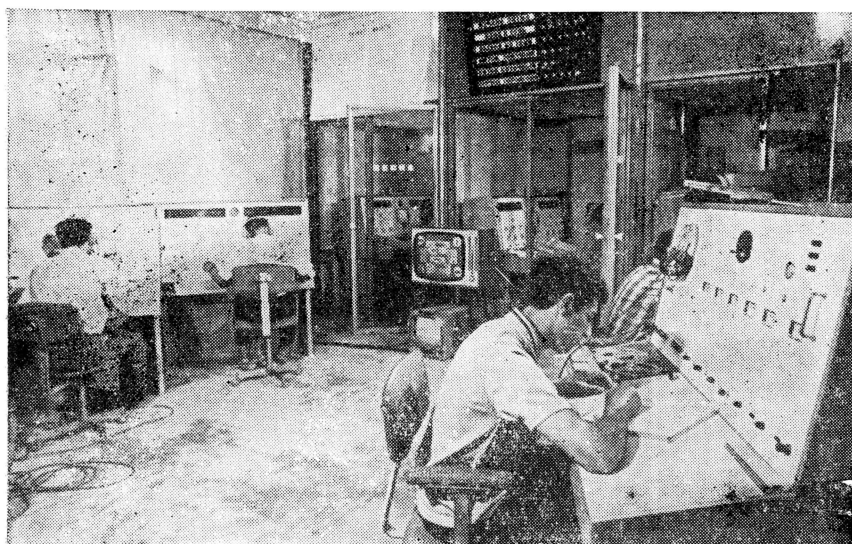
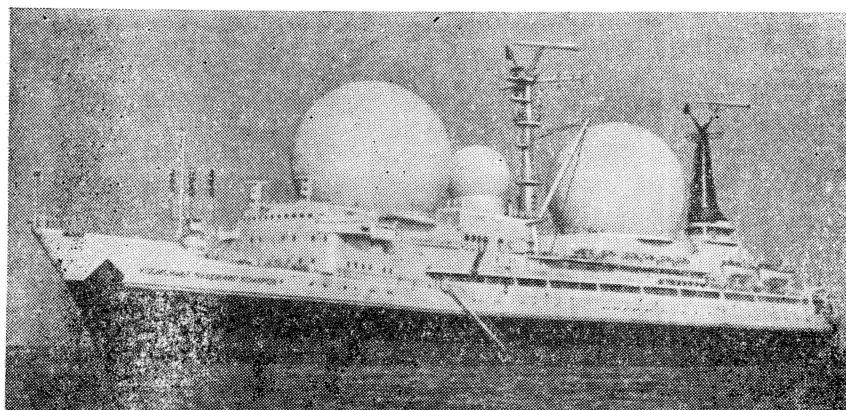
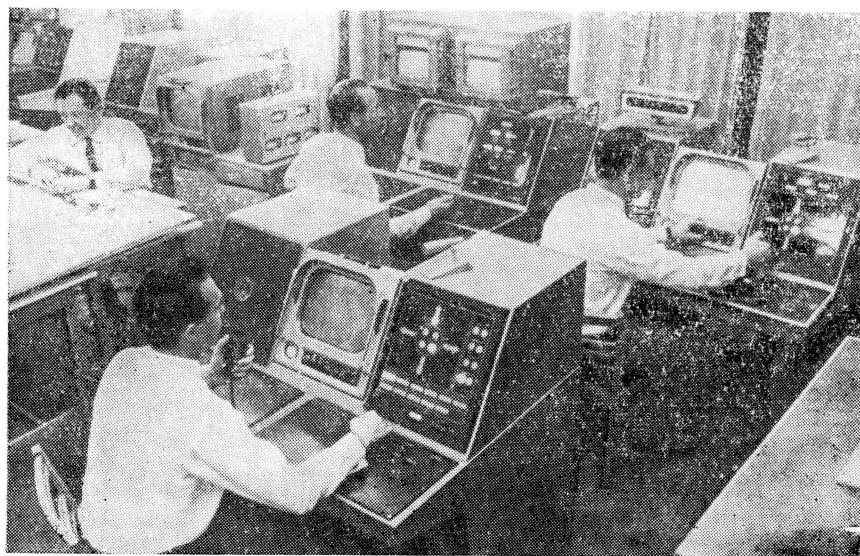


Схема управления космическими аппаратами научного назначения



шую ситуацию. Предусмотрена и возможность смоделировать состояния и процессы, происходящие на борту аппарата, воспроизвести аварийные ситуации с помощью специализированных ЭВМ и действующих моделей, аналогов космических объектов.

С чего начинается управление полетом только что запущенного спутника, корабля или станции? Первая задача управляющих подразделений — подтверждение факта выхода объекта на орбиту и определение ее начальных параметров. Это позволяет командно-измерительным пунктам уверенно войти в связь с объектом, а в случае существенных отклонений параметров орбиты от расчетных — дать новые, уточненные целеуказания пунктам слежения и измерений. Вторая задача, не менее важная, одновременно решаемая управляющими группами — выяснение состояния агрегатов, устройств и систем аппарата после его выведения в космос.



В одном из залов Центра управления ведутся работы с экипажем космического корабля

Фото ТАСС

Экипаж ведет управление луноходом из Центра дальней космической связи

Фото ТАСС

Научно-исследовательское судно Академии наук СССР «Космонавт Владимир Комаров»

Фото ТАСС

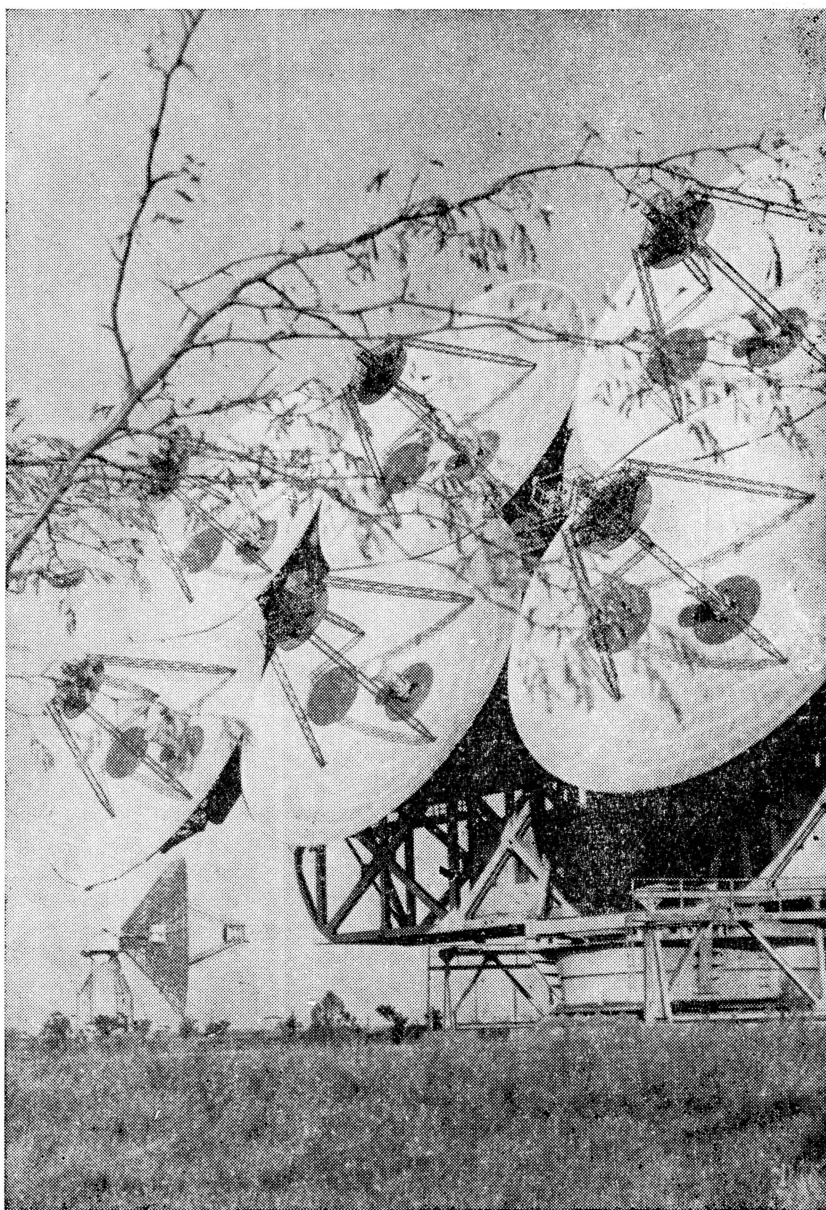
В каком состоянии находится аппарат? Можно ли приступить к выполнению основных задач, возложенных на него программой полета? Раскрылись ли, например, антенные системы, солнечные батареи; включились ли соответствующие бортовые передатчики и устройства; каковы температура и давление на борту спутника, характеристики источников электроэнергии, как реагирует космический объект на первые команды? Эти и многие другие «исходные данные», переданные на Землю с помощью телеметрии, оперативно, в самом срочном порядке, обрабатываются и сопоставляются с заданными. По результатам произведенного анализа ставится первый диагноз о состоянии спутника. Заключение гласит: можно приступить к выполнению программы; либо — на космическом аппарате отмечены явления, требующие перестройки запланированной программы полета. В соответствии с этим заключением объект вводится в общий график управления космическими аппаратами. С ним начинается плановая работа.

Управление космическими аппаратами в полете (эксплуатация, использование космических систем) — очень напряженная область деятельности человека в сложной, большой человеко-машинной системе. Ошибки в расчете и выдаче команд, неверный диагноз состояния аппарата, неправильное решение или даже задержка в реализации правильного в условиях быстротечности большинства процессов и операций управления может привести к серьезным, иногда невозвратным и весьма дорогостоящим потерям. Рациональное,

продуманное управление помогает полностью реализовать и превысить гарантированный ресурс работы бортовых систем, существенно влия-

ет на срок активного существования космического объекта.

Обоснованное, экономное использование командно-измерительных средств, каналов связи, вычислительной техники, людских ресурсов, опыт и «искусство управления» в значительной степени определяют объем, качество и стоимость научной информации, получаемой с помощью космической техники.



Антенна Центра дальней космической связи

Фото АПН



Профессор
Б. Г. КУЗНЕЦОВ

Джордано Бруно и современность

ФИЛОСОФИЯ РАССВЕТА

Ни у кого из мыслителей, открывших в XVII веке путь к классической науке, а в XVIII столетии создавших ее, нет такой, как у Бруно, тесной связи между мирозерцанием и судьбой, между представлениями о мире и эмоциями, волей, между научными взглядами и эстетикой, этикой, вмешательством в жизнь. Об идеях Ньютона можно говорить, оставив в стороне судьбу ученого, но говорить так о Галилее — трудно, а о Бруно — невозможно. Творчество мыслителей Возрождения (а творчество Бруно в особенности) надо рассматривать *in vivo* («в живом») — так в биологии называют изучение тканей в живом организме в отличие от *in vitro* («на стекле»), то есть изучения отделенных от организма тканей. Для нашего времени неотделимость жизни и жизненных идеалов мыслителя от его идей, неотделимость интеллекта и темперамента, неотделимость познания мира и его преобразования, канонов разума и служения разуму представляются чем-то очень близким.

Бруно назвал свое мировоззрение **философией рассвета**. Это мировоззрение было не только философией научного рассвета, философией новой науки. Фигура Джордано и костер на площади Кампо ди Фиори соединяют зарю новой науки и ее последующее развитие в трудах Галилея, Кеплера и Ньютона. Но идеи и судьба Бруно принадлежат не только истории науки, но всей истории цивилизации. Философия Джордано была философией рассвета и возрождения человеческой мысли, чело-

Ранним утром 17 февраля 1600 года на римской площади Кампо ди Фиори по решению папской инквизиции был сожжен Джордано Бруно. Трагическая судьба и революционные идеи мыслителя XVI века находят отклик в сердцах людей, живущих на пороге последней четверти XX века. Что же выступает на первый план в учении Бруно в современной ретроспекции, когда мы сопоставляем идеи Бруно с наукой нашего времени?

веческих чувств, подлинно человеческого, творческого, революционного отношения к миру, к самому себе, к природе, к общественным отношениям, к прошлому и будущему. Этот рассвет науки, вызвавший рассвет новых человеческих моральных и социальных идеалов, особенно интересует людей XX века в период, когда научно-техническая революция должна быть использована для развития и победы новых общественных отношений, которые исключают угнетение человека человеком и обеспечивают беспрецедентный подъем сил и способностей человеческой личности.

СУДЬБА ДЖОРДАНО

Идеи Бруно неотделимы не только от его судьбы. Они неотделимы от стиля его литературного наследства, его стихов, диалогов и трактатов. Начнем с судьбы... Даже для бурного XVI века она была исключительной по заполненности событиями, скитаниями, идейными боями, вызы-

вавшими преследования со стороны церкви и светских властей.

Бруно родился в 1548 году в маленьком поселке, примыкавшем к городку Нола, который расположен вблизи Везувия и в четырех часах ходьбы от Неаполя. В неаполитанской школе он учился литературе, логике и философии; затем стал послушником доминиканского монастыря в Неаполе, удивляя окружающих способностями и феноменальной памятью; получил ученую степень; подвергался обвинениям в ереси и, когда обвинения стали особенно опасными и грозили инквизиционным процессом, 28-летний монах бежал из Неаполя. Начался долгий путь странствий. Бруно преподавал, спорил, выпускал памфлеты, философские труды, поэмы во Франции, Англии, Швейцарии, Германии. И все эти годы папская инквизиция следила за Бруно, ожидая удобного момента для расправы.

В 1591 году Бруно едет в Венецию, куда его пригласил молодой патриций Джованни Мочениго, надеявшийся выучиться у философа искусству запоминания (о нем много говорили в то время), а может быть, и алхимии. В доме Мочениго Бруно, по-видимому, скоро начал догадываться о коварном, алчном и жестоком характере отпрыска аристократической семьи, давшей Венеции дожей, военачальников и епископов. Он хотел покинуть опасное пристанище, но не успел: 23 мая 1592 года Мочениго запер Бруно и затем передал его в руки венецианской инквизиции, где уже лежал донос Мочениго, обвинившего своего гостя в ереси. Ход следствия в Венеции и вопрос о выдаче Бруно папской инквизиции



был связан с венецианской фрондой против Ватикана, и судьба мыслителя стала предметом политической игры.

В феврале 1593 года Бруно оказался в римской инквизиционной тюрьме. Материалы следственного дела, которое вели в Риме, были полностью опубликованы лишь в 1942 году, спустя 342 года после гибели ученого. Ни мрачная тюрьма, где Бруно находился свыше семи лет, ни пытки не сломили железной воли узника. Бруно не отрекся от инкриминируемых ему взглядов, в число ко-

торых входили и представления о бесконечности миров, о движении Земли, о сохранении субстанции. 20 января 1600 года конгрегация инквизиции вынесла приговор об отлучении Джордано Бруно, внесении его сочинений в индекс запрещенных книг и предании виновного в ереси в руки светских властей — губернатора Рима «для наказания, возможно более мягкого, без пролития крови». Выслушав приговор, Бруно обратился к генеральным инквизиторам: «Вероятно, вы с большим страхом произносите приговор, чем я выслушиваю его».

Позиция Бруно при допросах в венецианской и римской инквизициях, его отказ от отречения, смелое от-

стаивание высказанных им философских и космологических идей больше трех с половиной веков были объектом напряженного внимания не только философов, историков, психологов, но и очень широких кругов. Стойкость позиции Бруно всегда была крупной исторической, философской и моральной проблемой, волновавшей каждого, кто узнавал о его участии. В чем особая актуальность этой проблемы для нашего времени?

Современные философы-экзистенциалисты объясняют поведение Бруно и отличие его позиции от позиции отрекшегося от своих взглядов Галилея чисто субъективным характером истины, за которую боролся и погиб философ из Нолы. Они ссылаются на датского философа С. Кьеркегора, для которого истина не только существует в сознании, но существует **только** в нем, тождественна с сознанием. По словам Кьеркегора, объективация истины, перенесение ее из внутреннего мира во внешний, из сознания в объективное бытие была бы опустошением сознания. В свете такой субъективной версии истины известный представитель немецкого экзистенциализма К. Ясперс сопоставляет Галилея и Бруно. Для первого истина объективна, а за объективную истину, как пишет французский философ Ж. Марсель, никто не умирал. Для Бруно истина субъективна и экзистенциальна, то есть она совпадает с его сознанием, и мыслитель не может от нее отречься. Таким же образом изображает позицию Бруно и Галилея французский писатель А. Камю. Для Галилея признание гелиоцентризма

■
Джордано Бруно (1548—1600)



не было вопросом его собственной жизни, движение Земли было объективным фактом, от признания или непризнания которого, от защиты или отрицания астрономической теории не сохранялось и не уничтожалось существование сознания мыслителя.

Чем ближе знакомишься с трактатами, диалогами и поэмами Бруно, а также с материалами венецианского и римского процессов, тем яснее становится нечто противоположное субъективистской концепции истины, которую выдвигают экзистенциалисты. Смелость Бруно, жертва жизнью во имя истины вытекают из глубокого убеждения мыслителя в объективной истинности его представлений о природе. Пафос творчества Бруно, как и пафос всей натурфилософии Возрождения, в том, что именно объективная истина становится основой эмоций, воли, идеалов, моральных принципов, содержанием сознания и апофеозом личности, освобожденной от традиционных церковных канонов и свободно ищущей те представления о мире, которые соответствуют его объективной, независимой от сознания, реальной структуре. Отказ Бруно от отречения — это часть того отказа от чисто субъективной версии новой науки, который проходит через всю историю Возрождения. Богослов А. Оссиандер писал в предисловии к книге Коперника, что гелиоцентризм — лишь условная схема, облегчающая расчеты, но не претендующая на объективное значение. Но сам Коперник всем содержанием своей книги утверждал объективную реальность гелиоцентризма, и именно такое убеждение сообщило книге

«Об обращении небесных сфер» ее исторический революционизирующий эффект и преобразовало стиль мышления людей о природе. О формально-субъективном и прагматическом смысле гелиоцентризма говорил Галилею в 1616 году кардинал Р. Беллармино — один из главных деятелей инквизиционного процесса Бруно. Кардинал требовал, чтобы Галилей отказался от объективного понимания гелиоцентризма, но Галилей защищал представления о реальном движении Земли и заплатил за это, если не смертью, как Бруно, то свободой, проведя свои последние годы узником инквизиции.

Объективная, отнюдь не экзистенциально-субъективная истина была знаменем не только натурфилософии XV—XVI веков, но и того пролога Возрождения, каким была «Божественная комедия» Данте, этот величайший шедевр поэзии и философии XIV века. В четвертой песне «Рая» поэт говорит:

«Я вижу, что вовек не утолен
Наш разум, если Правдой
непреложной,
Вне коей правды нет, не озарен.

В ней он покоится, как зверь
берложный,
Едва дойдя; и он всегда дойдет, —
Иначе все стремления ничтожны».

Убеждение в объективности истины как основе эмоционального подъема и моральных идеалов, пронизавшее пролог Возрождения, достигло еще более отчетливой формы в его эпилоге, ставшем интродукцией науки XVII века, в творчестве Джордано Бруно и в его судьбе. Костер Джордано, как и начавшийся тридцать лет спустя инквизиционный процесс Га-

лилея, был репрессией, направленной против идеи объективной истины, против познания, выходящего за рамки субъективного познания, проникающего в реальный мир, находящего его независимую от познающего субъекта и независимую от внешнего деминурга материальную субстанцию. Судьба Бруно, его смелый отказ отречься гармонируют с «героическим энтузиазмом» — этими словами Джордано назвал одно из своих произведений, они обозначают слияние интеллектуального напряжения с эмоциональным подъемом и героическим служением моральным идеалам, неотделимым от научных идеалов. Такое слияние характерно для Бруно. Характерно ли оно для нашего времени? — Больше чем для какого бы то ни было.

Современная наука непосредственно связана с судьбами людей. Такие применения теории относительности, как атомная энергетика, такие применения квантовой механики, как лазеры, такие применения молекулярной биологии, как генетика и медицина, иллюстрируют превращение науки в общественное служение. «Героический энтузиазм» Бруно становится сейчас сознательным, планомерным и организованным выбором наиболее эффективных путей науки, и это не исключает, а наоборот, требует общественного и научного темперамента, общественной и научной идейности, эмоционального подъема — подлинного героического энтузиазма. И конечно, предпосылкой героического энтузиазма, как и во времена Бруно, служит убеждение в объективности истины, которое выводит познание из границ субъективной



«экзистенции» и открывает перед ним реальный, материальный мир и пути его постижения и преобразования.

БЕСКОНЕЧНОСТЬ МИРОЗДАНИЯ

Адепты католицизма подчас говорят, что инквизиция казнила Бруно не за научные идеи, а за богословские взгляды. На самом же деле в документах инквизиционного процесса натурфилософские и космологические концепции фигурируют рядом с высказываниями Бруно, относящимися непосредственно к религии и церкви. Между теми и другими можно видеть очень тесную связь.

В протоколах допросов Джордано не ограничивается антиклерикальными суждениями, нападка на духовенство и монашеские ордена, он отрицает божественное провидение. В антиклерикальном атеистическом памфлете «Изгнание торжествующего зверя» Бруно заставляет Юпитера (довольно прозрачное прикрытие христианского бога) послать Меркурия (такое же прикрытие Христа), чтобы обеспечить все детали происходящих на земле событий. Меркурий должен позаботиться, чтобы в родной Ноле, у бывшей соседки Бруно Лауренцы, когда она станет причисляться, выпало ровно 17 волос, чтобы у собаки Антонио Саволино появилось ровно 5 щенят и т. д. За антирелигиозным памфлетом стоит позитивная натурфилософская идея: мироздание объединено внутренними причинными связями и не нуждается во внемировом демиурге. Официальная средневековая мысль считала Вселенную конечной, а бесконечность приписывала божеству. Для Бруно Вселенная бесконечна. Но это не бес-

конечное пространство, окружающее конечный материальный мир, а то, что можно было бы назвать физической бесконечностью: неограниченно простирающиеся физические объекты, миры, причем населенные миры.

Какова оценка бесконечной Вселенной Бруно в свете современных космологических представлений? Очень большое число фактов говорит в пользу конечной, замкнутой и расширяющейся Вселенной Эйнштейна и Фридмана. Но речь здесь идет отнюдь не о конечном пространстве, окруженном ограничивающей его поверхностью, за которой уже нет пространства. Современная наука не идет назад от бесконечной Вселенной Бруно к ограниченной Вселенной Аристотеля. Она допускает, что предоставленное самому себе тело будет двигаться не по прямой, а по кривой, описывая замкнутую линию, и в таком смысле можно говорить о некотором конечном радиусе Вселенной. Это не исключает существования других расширяющихся или сжимающихся конечных вселенных. Все дело в том, что современная наука связывает проблему бесконечной или конечной Вселенной с астрофизическими наблюдениями и, более того, ищет решения конкретных астрофизических проблем, учитывая воздействие Космоса в целом, условий бесконечности на локальные процессы, в том числе на поведение элементарных частиц. Но этот переход от чисто геометрической бесконечности пространства к физической, заполненной физическими процессами Вселенной, делает сейчас особенно интересным и важным совершенный Бруно в XVI столетии переход от традиционных спо-

ров о бесконечности, как некотором априорном понятии, к бесконечному множеству миров. Такой переход еще не привел к научной картине мира, опирающейся на механические модели, на понятия, найденные в прикладной, земной механике, и на астрономические наблюдения, сделанные с помощью телескопа. Подобная картина была создана Галилеем, Кеплером и Ньютоном в XVII веке. Но идеи Бруно открыли двери перед наукой XVII века и тем самым перед всей последующей наукой, включая и современную космологию. Более того, современная космология в некотором отношении возвращается к Бруно. Если в 1854 году немецкий математик Г. Риман утверждал, что бесконечно большое имеет для науки несравненно меньшее значение, чем бесконечно малое, то в XX веке положение изменилось. Бесконечно большое, проблема бесконечной Вселенной оказались неотделимыми от изучения микромира, они находятся в центре наиболее фундаментальных исследований — того, что иногда называют меганаукой.

При этом самый стиль космологических исследований часто заставляет вспоминать о стиле научного мышления Бруно. Наука сейчас не может идти вперед, не заглядывая в будущее, которое она пока способна предугадать лишь в самых общих и весьма гипотетических прогнозах. Для нашего времени, например, характерны весьма оживленные дискуссии о воздействии на различные области, которое окажут в будущем единая теория элементарных частиц или быстрое развитие внеземных астрономических и астрофизических наблю-



дений. Конечно, подобные прогнозы, опирающиеся на беспрецедентное развитие космонавтики, вычислительной техники, физики высоких энергий и т. д., несопоставимы с научными прогнозами XVI века, но историческая преемственность здесь очевидна.

Историческая преемственность связывает, в частности, современные дискуссии о внеземных цивилизациях с идеями Бруно. Для Бруно Вселенная — это бесконечное множество обитаемых миров. Современная наука не заимствует аргументы Бруно, но она ищет в творчестве мыслителя XVI века уверенность в бесконечности научного прогресса и самого объекта науки, ту уверенность, которая заставляет современного ученого заходить так далеко в своих смелых гипотезах.

СТИЛЬ БРУНО

Литературный стиль Бруно резко отличается, на первый взгляд, беспорядочным нагромождением различных жанров, переходом от описаний природы к воспоминаниям, к полемическим атакам, к сатирическим аллегориям и гиперболам, к тонкому логическому анализу понятий и снова к гневным нападениям на противников, к историко-философским сопостав-

лениям... Отличается он от стиля Галилея и еще больше от строгого, размеренного стиля ньютоновых «Математических начал натуральной философии». В произведениях Бруно личность автора никогда не уходит за кулисы. Особенно в итальянских диалогах. Известный историк науки Л. Ольшки в книге «История научной литературы на новых языках» пишет об этих диалогах: «Ни один мыслитель никогда не обнажал так открыто всю подпочву своих идей и побуждений, которым он повиновался... В диалоге Бруно все находится еще в процессе становления, все представляет еще первозданный хаос, бурное чередование мыслей и настроений, не всегда упорядоченных размышлением или углубленных рассуждением».

Ольшки считает стиливые особенности сочинений Бруно их недостатком. Такая оценка вытекает из игнорирования исторической задачи творчества Бруно. Генезис новой, противостоявшей средневековым устоям классической науки проходил через последовательные стадии. Первая из

них — натурфилософия XVI века. Она должна была не только высказать идеи бесконечности мира, идеи управляющей миром причинной связи, но внушить новое отношение к миру, к его познанию. Она должна была дискредитировать старые пути и исходные пункты мышления, средневековые схоластические каноны. В этом отношении задача натурфилософии Возрождения была близка объективной задаче, стоявшей перед тем направлением средневековой и ренессансской культуры, которое известный советский литературовед М. М. Бахтин назвал **карнавальной культурой** и которое он подробно осветил в своей книге о Рабле («Творчество Франсуа Рабле и народная культура средневековья и Ренессанса», М., «Художественная литература», 1965 г.). Рабле, как и народная культура, получившая особенно острую форму в карнавальных насмешках над идейными устоями средневековья, разрушали такие старые, неподвижные каноны, как противоположность греховной природы человека и абсолютного, вечного, сакрального «божьего града». Натурфилософия Бруно приписывала человеку способность своим разумом и интуицией познавать бесконечный мир. Однако новые идеи должны были завоевать не

Титульные листы произведений Джордано Бруно



только умы, но и сердца, и в этом исторический смысл того психологического подтекста, который образует единую внутреннюю мелодию в нагромождении поэтических пассажей, метафор, сатирических образов — всего, что характеризует литературный стиль Бруно.

НАУКА И ГУМАНИЗМ В XVI ВЕКЕ И СЕЙЧАС

Возвратимся к внутренним импульсам, заставлявшим Бруно создавать новую картину мира и пойти на казнь во имя истины. К импульсам героического энтузиазма. В основе его лежало стремление к объективной истине. Но здесь было также ощущение ценности истины. Проблема истины и ее ценности — это проблема познания мира и его преобразования. Преобразования, охватывающего судьбы людей, создающего моральные и эстетические ценности, приносящего людям добро и красоту. Проблема познания и преобразования мира приобретала в каждую эпоху различные формы. Поворотным моментом в ее последовательном решении были тезисы К. Маркса о философских взглядах Л. Фейербаха — задача преобразования мира, поставленная перед философией, все содержание действенной, преобразующей мир философии. В XVI веке до этого было далеко. Но первоначальные, еще смутные идеи познания как пути к освобождению и счастью человечества уже высказывались на заре Возрождения в «Божественной комедии» Данте и в XIV веке в поэтических и философских сочинениях первых гуманистов. У Бруно они по-

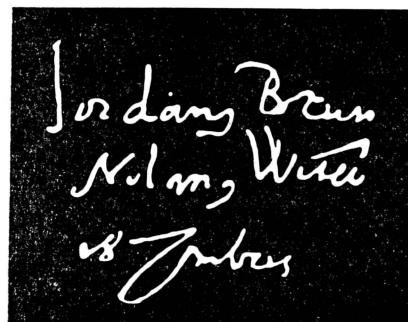
лучили наиболее отчетливую и высокую для Возрождения форму.

Первые итальянские гуманисты Франческо Петрарка и Джованни Бокаччо искали исчезнувшие античные произведения, очищали античное наследство от позднейших искажений и наслоений, переносили центр тяжести научных и литературных интересов на изучение человеческого творчества, эстетических, филологических и историко-литературных проблем — того, что в средние века называли *studia humaniorum* (изучение человеческого) в отличие от *studia divina* (изучение божественного). Но это только одна сторона дела. Гуманизм включал — и чем дальше, тем явственней — новое представление о мире. Мир начали рассматривать не как создание божественной воли, а как систему, подчиненную естественным законам, доступным человеческому познанию. Такое познание, открывая законы природы, вместе с тем демонстрировало независимость и ценность человеческого разума.

Можно ли считать, что натурфилософия XVI века от характерного для гуманистов преимущественного интереса к человеку, его творчеству и его судьбе вновь перешла к космологии и вообще к строению мира? Трактаты, диалоги, стихотворения, вся жизнь и участь Бруно говорят о другом. Для Бруно познание мира обла-

■ Памятник Джордано Бруно на площади Кампо ди Фиори в Риме. На памятнике надпись: «От столетия, которое он предвидел, на том месте, где был зажжен костер»

■ Автограф Джордано Бруно





дает общественной ценностью. Возьмите упоминавшийся памфлет «Изгнание торжествующего зверя». В нем дискредитируется божественное провидение, все изложение пронизано идеей материальной, бесконечной Вселенной, подтекстом памфлета остаются космологические идеи Бруно, но памфлет, опираясь на эти идеи, говорит о судьбах людей, судьбах Италии, об угрожающей ей власти пап, инквизиции, международной политике... Общественный, политический накал натурфилософии Бруно заставляет вспомнить строки «Божественной комедии» — этого великого натурфилософского произведения, где политические идеалы изгнанного из родного города флорентийского гиббелина не отделимы от философского и космологического содержания поэмы. Творчество Бруно — высший взлет натурфилософии XVI века — показывает, что вся эволюция гуманизма и вся эволюция космологии вели к синтезу натурфилософской, предварявшей классическую науку, мысли Возрождения и его общественно-политической мысли.

В наше время происходит несравненно более глубокий и действенный синтез науки и гуманизма. Они не отказываются от своих истоков. Современная космология, столь тесно связанная с физикой микромира, опирающаяся на вземные наблюдения и наблюдения за элементарными частицами в сверхмощных ускорителях, преемственно связана и с астрономической революцией XVI века. Современный гуманизм — борьба за мир, прогресс, гармонические общественные формы — в главном фарватере всего исторического развития

революционной общественной мысли и действия. Современный гуманизм опирается на науки и их синтез, делает еще более близким для нас героический энтузиазм, литературно-философское наследство и весь образ мыслителя, взошедшего на костер 375 лет назад.

ЭМОЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДТЕКСТ СОВРЕМЕННОЙ АСТРОНОМИИ

Если смотреть на идеи и стиль мышления Бруно сквозь призму современной науки, становится яснее одна характерная черта последней — то ощущение радостного интеллектуального и эмоционального подъема, которое возникает у очень многих людей, когда они знакомятся с новейшими астрономическими и астрофизическими открытиями.

Открытия астрономии XVII—XIX веков вызывали у людей впечатление однозначности, строгости и непрерывности своих выводов и вместе с этим радостное убеждение во всемогуществе разума, противостоящего всему иррациональному, что омрачает жизнь. Это впечатление торжествующего разума — *Ratio triumphans* сохранилось и сейчас, но оно дополнилось впечатлением воинствующего разума — *Ratio militans*, разума, который движется вперед, меняя не только представления о мире, но и свои каноны, свои методы, свои пути.

В наши дни космология, астрофизика и тесно связанная с ней теория элементарных частиц очень далеки по стилю мышления от строгих очертаний классических работ Ньютона и Лапласа, от концепций, появившихся в конце XVII века и в два последую-

щих столетия. Современная картина Вселенной включает множество неустоявшихся и неоднозначных идей. В этом смысле ее эмоциональный подтекст близок к эмоциональному подтексту трактатов и диалогов Бруно и всей натурфилософии XVI века. Вернее было бы сказать, что эмоциональный тон современной астрономии и астрофизики — это синтез той, столь характерной для XVI столетия пластичности некоторых гипотез и тех экспериментальных, наблюдательных и логико-математических критериев однозначности, которые были разработаны в XVII—XIX веках. Наш современник черпает в астрономии и астрофизике радостную апологию торжествующего и всемогущего и, вместе с тем, воинствующего и движущегося познания.

ПУЛЬСАР В КРАБОВИДНОЙ ТУМАННОСТИ — КОМПОНЕНТ ДВОЙНОЙ СИСТЕМЫ?

Исследователи известного пульсара в Крабовидной туманности неоднократно отмечали одну из странностей этого объекта — период пульсара увеличивается медленнее, чем должен. Дело в том, что возраст пульсара хорошо известен, потому что известна дата вспышки Сверхновой в туманности — 1054 год. А по замедлению вращения пульсара возраст получается в несколько раз больше. Советский ученый А. И. Цыган предложил гипотезу, которая снимает трудность с возрастом



пульсара: пульсар в Крабовидной туманности вместе с Южной звездой, наблюдаемой в туманности, входит в состав двойной системы.

По расчетам А. И. Цыгана, орбита пульсара должна быть очень вытянутой, почти параболической. В периастре пульсар приближается к Южной звезде на расстояние в 10^{12} см, а затем удаляется от нее на расстояние до 10^{15} см, что в сто раз больше расстояния от Земли до Солнца. Как объяснить существование столь вытянутой орбиты? Предполагается, что пульсар образовался во время вспышки Сверхновой, и даже если сначала звезды обращались друг около друга по круговым орбитам, после вспышки эксцентриситет системы мог сильно возрасти.

«Астрономический журнал», 51, 6, 1974.

НАБЛЮДЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ДВОЙНЫХ

Новые наблюдения известных рентгеновских двойных 3U 1700—37 и 3U 0900—40 провел американский астрофизик Д. Хатчингс. В этих системах астрофизики надеются обнаружить черные дыры. Оказалось, что у сверхгиганта в системе HD 153919 (источник 3U 1700—37) есть огромная расширяющаяся оболочка. Ее размеры больше, чем расстояние от центра сверхгиганта до релятивистской компоненты. Это означает, что релятивистская звезда в системе HD 153919 погружена в оболочку сверхгиганта и непрерывно захватывает из нее вещество. Поэтому спектральная картина в системе получается очень сложной, с трудом поддающейся интерпретации. Д. Хатчингс нашел также, что масса релятивистской компоненты на самом деле меньше, чем предполагалось раньше, и не превышает 2 масс Солнца. Значит, это все-таки не черная дыра, а нейтронная звезда. Ведь необходимо, чтобы масса невидимого тела была больше, чем

3 массы Солнца (например, для массы невидимого объекта в знаменитой системе Лебедь X-1 получается 6—15 масс Солнца).

По-видимому, и в системе HD 77581 (источник 3U 0900—40) нет черной дыры. Измеренная Д. Хатчингсом масса звезд в этой системе 45 (сверхгигант) и меньше 2,5 масс Солнца (релятивистская звезда).

«Astrophysical Journal Letters», 192, 3, 1974.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МАТЕРИИ И АНТИМАТЕРИИ

Несколько лет назад советский ученый И. С. Шапиро высказал предположение, что прежде чем атомная частица, столкнувшись со своим отрицательно заряженным двойником (например, протон с антипротоном), аннигилируют, они образуют составную частицу с весьма коротким временем жизни. Это предположение было недавно подтверждено в ходе сложных экспериментов, которые проводил в Брукхейвенской национальной лаборатории (США) доктор Т. Калогеропулос (Греция).

Бомбардируя дейтроны (протоны-нейтронные пары) антипротонами, Калогеропулос обнаружил, что при аннигиляции наблюдается более мощное гамма-излучение, чем можно было ожидать, если исходить из установленных до сих пор теорий, которые описывают этот процесс. По мнению Калогеропулоса, избыток гамма-излучения можно объяснить, допустив существование протоно-антипротонной частицы — космона. Эта частица распадается, но не сразу; распад ее носит поэтапный характер.

Если гипотеза Калогеропулоса верна, изучение космонов поможет установить, есть ли галактики, почти полностью состоящие из антиматерии. Наша Галактика, как известно,

состоит только из материи. Подтверждением гипотезы будет открытие мощного гамма-излучения из удаленных областей Космоса, где аннигиляция может происходить в больших масштабах.

«The Sciences», 15, 1, 1975.

РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ КАПЕЛЛЫ

Сейчас известно около ста галактических рентгеновских источников. По общему мнению исследователей, это — двойные системы, где одна из компонент является релятивистской звездой. Но оказалось, что слабое рентгеновское излучение могут испускать и обычные звезды. Американские ученые Р. Катура, Л. Актов и Х. Джонсон сообщили недавно о своем открытии. Во время полета ракеты 5 апреля 1974 года удалось обнаружить рентгеновское излучение от Капеллы — двойной звезды, расположенной всего в 14 парсеках от Солнца. В этой системе нет релятивистских объектов — обе звезды являются гигантами. Светит в этой системе скорее всего плазма, нагревая до температуры 8 миллионов градусов. Светимость источника невелика, около 10^{31} эрг/сек, в миллион раз меньше светимости известного рентгеновского источника в созвездии Лебедя. Авторы работы полагают, что звезды типа Капеллы могут быть источниками рентгеновского излучения, и светимость их может достигать и более высоких значений — до 10^{34} эрг/сек. Вероятно, открыт новый класс галактических рентгеновских источников низкой светимости. Вполне возможно, что Капелла не всегда является источником рентгеновского излучения, а лишь в периоды повышенной активности.

«Astrophysical Journal Letters», 196, 2, 1975.



Кандидат физико-математических наук
Е. Г. ЕРОШЕНКО

Магнетизм Луны

Многие этапы истории Луны и планет запечатлены в их магнитном поле. Уже по одному тому, имеет ли планета собственное магнитное поле или нет, можно судить о ее внутреннем строении. Ценную информацию об эволюции небесных тел дают намагниченные горные породы, «запомнившие» то древнее поле, в котором они сформировались. Неудивительно поэтому, что с первых же полетов космических аппаратов начались активные поиски и исследования магнетизма Луны и планет.

В сентябре 1959 года советская автоматическая станция «Луна-2» измерила магнитное поле в непосредственной близости Луны — с высоты примерно 50 км над ее поверхностью. Тогда и получили первую экспериментальную оценку возможного дипольного поля Луны — не более 50 гамм (1 гамма = 10^{-5} эрстеда) на поверхности. Это — очень слабое поле по сравнению с земным, напряженность которого на экваторе достигает 30 тыс. гамм. Последовавшие затем измерения на лунных спутниках «Луна-10» и «Эксплорер-35» снизили верхний предел предполагаемого лунного поля до 5 гамм. Таким образом, дипольное поле Земли превосходит лунное по крайней мере в 10 тыс. раз. Казалось уже, что с Луной почти все ясно: либо она слабо магнитна, либо немагнитна вообще. И вдруг — одно за другим несколько неожиданных и поразительных открытий.

Изучая магнитные свойства лунных образцов, доставленных на Землю экипажем «Аполлона-11», исследователи обнаружили значительную остаточную намагниченность лунных

Луна не обладает заметным дипольным полем, подобным земному. Но почему же тогда оказались намагниченными лунные горные породы?

пород. Приобрести ее лунные породы могли лишь в поле величиной примерно 1000 гамм! Второй сюрприз для селенологов — довольно сильное поле на поверхности Луны (около 40 гамм), измеренное магнитометром «Аполлона-12». Вообще говоря, после экспедиции «Аполлона-11» это не было уж очень неожиданным, ибо поле такой напряженности могло быть следствием остаточной намагниченности лунных пород. И, наконец, магнитные аномалии, выявленные с лунных спутников, которые летали на небольших высотах (около 100 км), — третий экспериментальный факт, подтвердивший реальность лунного магнетизма.

МАГНИТНАЯ СЪЕМКА ЛУНЫ

Магнитное поле на поверхности Луны определено в пяти различных районах видимого полушария. Начала эти измерения экспедиция «Аполлона-12», высадившаяся в восточной части Океана Бурь. Довольно большая величина поля (38 гамм), обнаруженная в этом месте, намного превышала тот верхний предел возможного дипольного поля, который был оценен ранее по спутниковым наблюдениям.

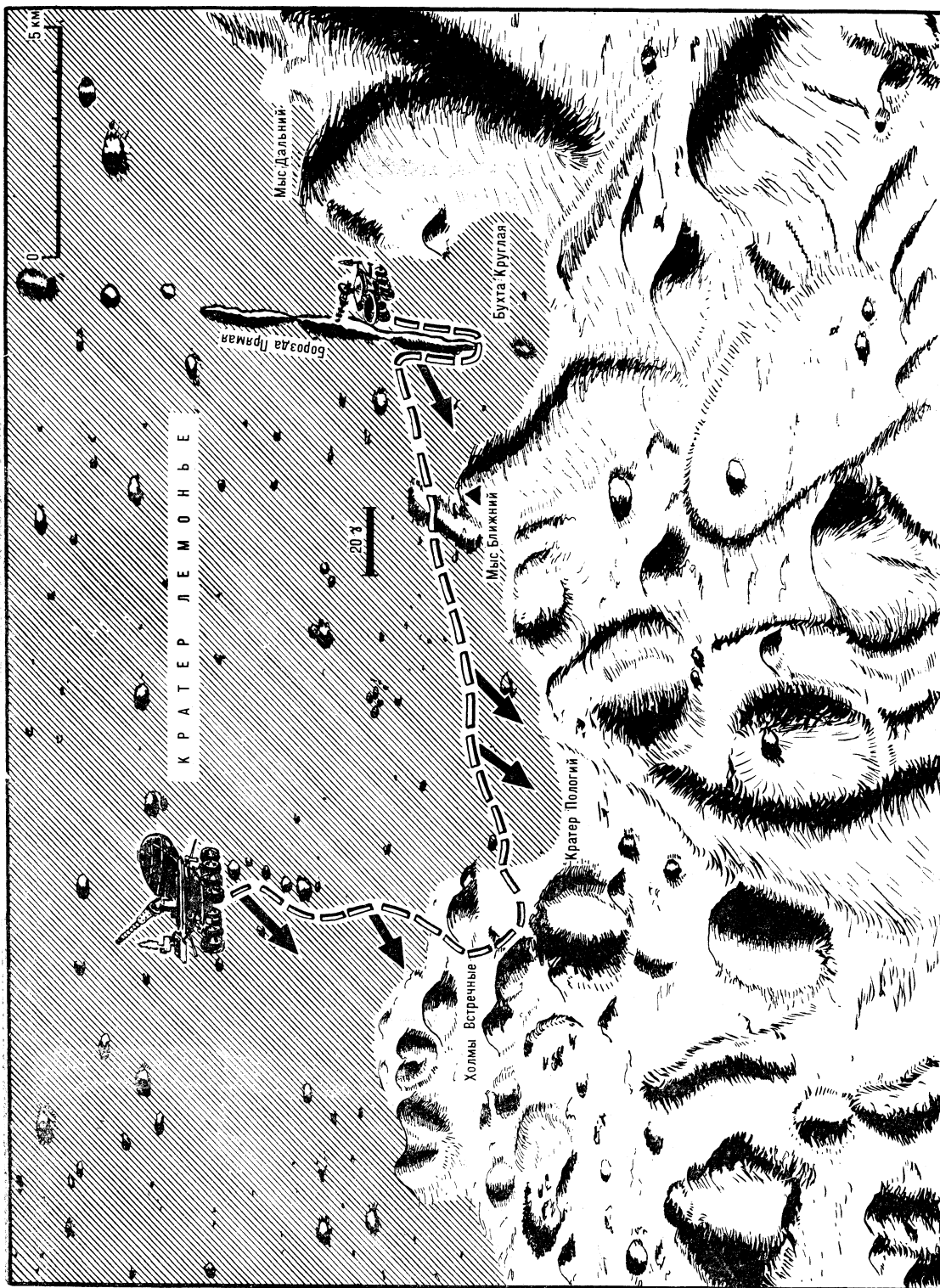
Вторую точку на «магнитную» карту Луны нанес экипаж «Аполлона-14», работавший близ кратера Фра Мауро. Значения поля в пунктах, отстоящих друг от друга примерно на кило-

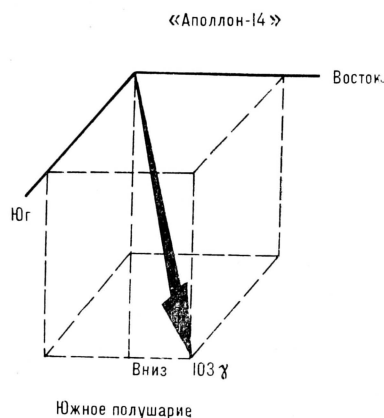
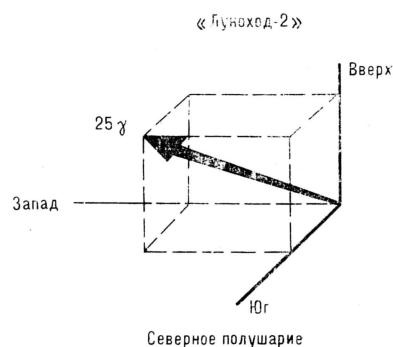
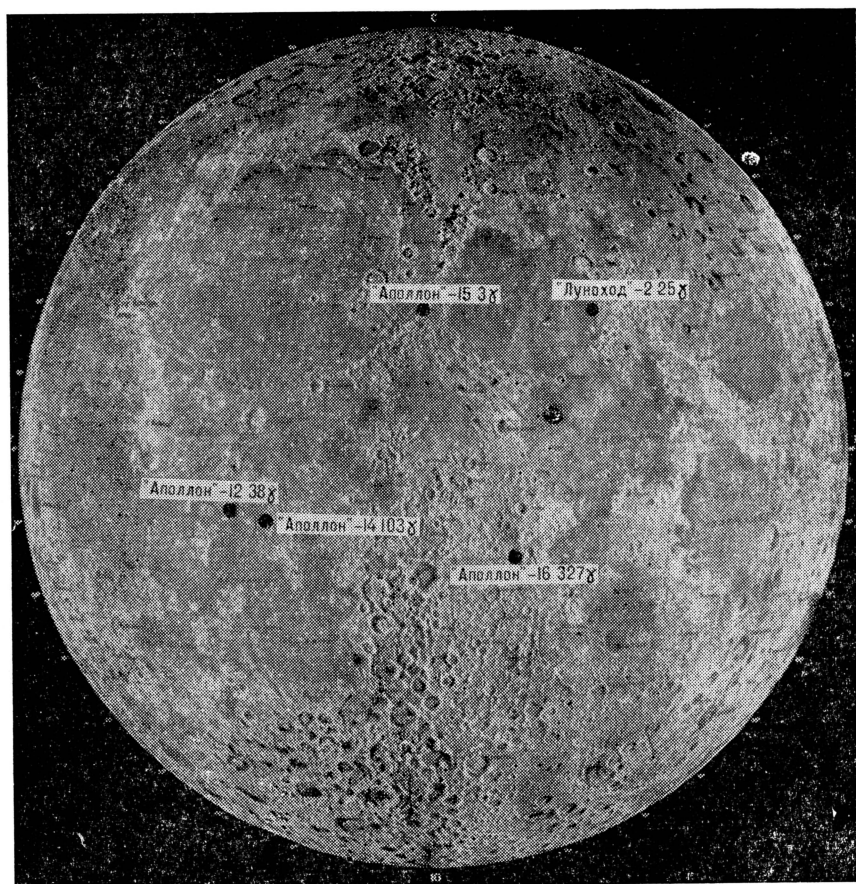
метр, составляли 43 и 103 гаммы. Третью серию измерений в южном полушарии Луны выполнила экспедиция «Аполлона-16» в районе кратера Декарт. Напряженность поля на расстоянии почти 7 км изменялась от 121 до 313 гамм. Это пока самое большое значение магнитного поля, зарегистрированное на поверхности Луны. Вектор поля во всех точках наблюдений, проводившихся в южном полушарии, оказался направленным вниз (за исключением одной из пяти точек в месте посадки «Аполлона-16»).

В северном полушарии измерение магнитного поля было сделано астронавтами «Аполлона-15» вблизи Борозды Хэдди. Напряженность поля не превышала 6 гамм.

Другой район северного полушария, где исследовалось поверхностное поле, — южная и юго-восточная части залива Лемонье. Здесь впервые была проведена маршрутная магнитная съемка советским самоходным аппаратом «Луноход-2». Поле регистрировалось по всей трассе движения лунохода на участке протяженностью до 40 км. Средняя величина поля в этом районе Луны составляет примерно 25 гамм, и вектор поля преимущественно направлен вверх, так же, как в месте посадки «Аполлона-15». По измерениям в пяти точках видимого полушария Луны, конечно, трудно судить о распределении магнитных полей на

Маршрут «Лунохода-2». Вдоль всего пути стрелками изображена горизонтальная составляющая магнитного поля. В среднем вектор поля направлен к западу, юго-западу и вверх от поверхности Луны





всей Луне. Но интересно, что вертикальная составляющая поля в южном полушарии («Аполлон-12, -14 и -16») направлена вниз, а в северном («Аполлон-15» и «Луноход-2») — вверх. В какой мере этот результат отражает глобальные характеристики магнитного поля Луны, покажут дальнейшие исследования.

Маршрутная съемка на «Луноходе-2» выявила некоторые характерные особенности магнитного поля, связанные с кратерами диаметром больше 50 м. Когда луноход проходил вблизи кратеров или пересекал их, поле оказывалось не таким, как на ровных участках маршрута. В одних случаях над центром кратера возрастала вертикальная составляющая и уменьшалась горизонтальная, в других — картина была противоположной. Нередко сильные изменения поля отмечались на краях кратеров. Аномалии поля в кратерах могли

быть обусловлены нарушением однородной, присущей данному району намагниченности подстилающих пород. Луноход выполнил своего рода «магнитную дефектоскопию» поверхности нашего естественного спутника.

Не исключено, что нарушение существовавшей ранее намагниченности происходило при падении метеоритов, образовавших лунные кратеры.



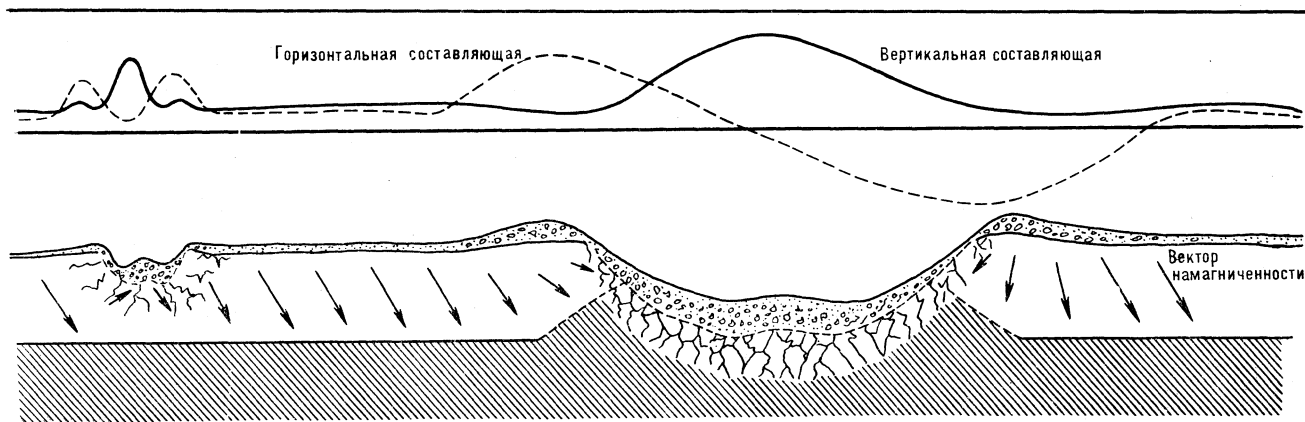
Карта видимого полушария Луны. Указаны места, где измерялось магнитное поле, и величина этого поля



Направление вектора магнитного поля в северном и южном полушариях Луны. Вектор изображен в селенографических координатах. Направление «вверх» совпадает с направлением местной вертикали — от центра Луны, «вниз» — к центру Луны

Как показали исследования метеоритных кратеров на Земле, горные породы действительно способны намагничиваться или размагничиваться при ударах («Земля и Вселенная», № 3, 1975 г., стр. 56—64.—Ред.). Вполне возможно, что подобные процессы происходили и на Луне, когда ее бомбардировали метеориты. Из-за недостатка данных трудно выбрать единственно правильное объяснение аномалий лунного магнитного поля. Наиболее интересно, что они свойственны именно кратерам.

Измерения, проводившиеся на поверхности Луны, указывают на локальный характер магнитных полей. Магнитные аномалии обнаружены и с орбиты лунных спутников. Их существование подтвердила магнитная съемка Луны, которую выполнили два спутника. Они были запущены с борта космических кораблей «Аполлон-15 и -16» и летали над лунной



поверхностью на высоте около 100 км в низких широтах. Оказалось, что источники, создающие магнитные аномалии, имеют размеры от десятков до нескольких сот километров. А на какой глубине залегают эти источники магнетизма? Высотная магнитная съемка не дает однозначного ответа на вопрос. При условии, что намагниченность участков лунной коры соответствует величине, известной уже по образцам лунных пород, размеры однородно намагниченных объемов, по-видимому, не должны превышать десятков или сотен километров. Во всяком случае, более глубокие недра Луны не участвуют в создании локальных полей на ее поверхности. Этот вывод можно сделать на основе современных тепловых моделей Луны, предсказывающих, что температура Кюри, выше которой разрушается приобретенная ранее намагниченность вещества, достигается на глубинах от 200 до 500 км. Распределение температуры для некоторых моделей лунных недр рассчитали американский исследователь П. Дэйл и его сотрудники. Если литосфера Луны сложена из оливина — минерала, включающего соли магния, железа и марганца, — температура лунных недр на глубине 170 км возрастает до 1000°С, то есть превышает точку Кюри для железа (770°С).

Пока самая крупная магнитная аномалия открыта в окрестности кратера Ван де Грааф на обратной стороне Луны. Согласно теоретическим оценкам, при намагниченности пород 10^{-5} гс · см³/г и протяженности аномалии около 80 км глубина ее за-



легания может составить несколько десятков километров. Привлекает внимание исследователей многочисленность и большая амплитуда ано-

Аномалии магнитного поля над лунными кратерами. Если в подстилающем однородно намагниченном слое образуется «каверна» (слева), то над кратером может наблюдаться максимум вертикальной компоненты поля и минимум — горизонтальной. В случае проникающего удара, когда подстилающий слой полностью разрушен, вертикальная компонента поля над кратером максимальна, а горизонтальная меняет знак

Средние значения радиальной компоненты лунного магнитного поля, измеренного с американского спутника на высоте 100 км. Положительный знак компоненты означает, что поле направлено по радиусу от Луны. Заметные магнитные аномалии наблюдаются у кратеров Павлов, Королев, Милл, Ван де Грааф на обратной стороне Луны. В районе последнего отмечена наибольшая аномалия поля

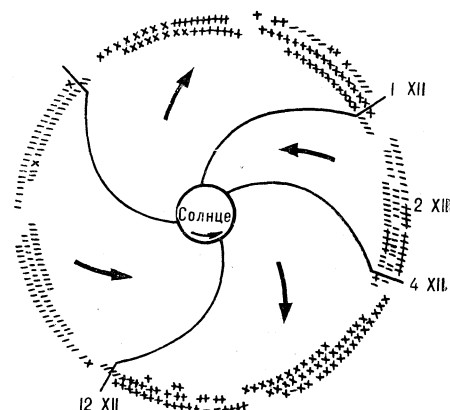
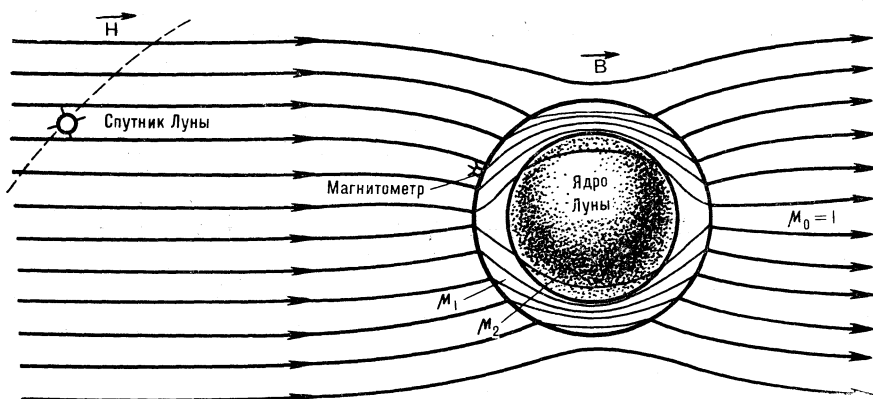
маний на обратной стороне Луны по сравнению с видимым полушарием.

Обнаружена также северо-южная асимметрия в магнитных аномалиях: на видимой стороне аномалии группируются в северном полушарии, а на обратной — в южном. Еще неясно, чем можно объяснить такую асимметрию: неодинаковым ли химическим составом пород или различными условиями их формирования, то есть разным возрастом этих участков лунной коры.

САМАЯ УДИВИТЕЛЬНАЯ ЗАГАДКА

Шесть американских экспедиций «Аполлон» и советские автоматические станции «Луна-16» и «Луна-20» доставили на Землю образцы пород из восьми различных районов Луны. Основной ферромагнитный материал этих образцов — металлическое железо, иногда в сплавах с небольшим количеством никеля или кобальта.

В какой степени магнитные свойства исследованных образцов отражают характеристики лунных пород в целом? Одновременные измерения магнитного поля на поверхности Луны и с лунного спутника позволили определить глобальную магнитную проницаемость нашего естественного спутника. Оказалось, что Луна в целом действует, как парамагнитная или слабоферромагнитная сфера, то есть на лунной поверхности магнитное поле несколько усилено по сравнению с окружающим внешним полем. Магнитная проницаемость Луны, рассчитанная по ее глобальной намагниченности ($1,012 \pm 0,006$),



близка к проницаемости земных гнейсов или базальтов.

Большинство исследователей полагает, что стабильную остаточную намагниченность лунные породы получили в том древнем магнитном поле, которое существовало в эпоху их формирования. В процессе образования лунной коры расплавленные породы, остывая в магнитном поле ниже точки Кюри, приобретали намагниченность. Величина этой термонамагниченности зависит от магнитных свойств породы и напряженности внешнего поля. Из всех видов намагниченности она наиболее стабильна. Неудивительно, что лунные породы смогли сохранить информацию о древнем магнитном поле на протяжении миллиардов лет.

Если в течение своей жизни породы испытывали вторичный нагрев и остывание, то на приобретенную ранее первичную намагниченность могла накладываться вторичная — парциальная намагниченность, определяемая «своим» внешним полем. Эти виды намагниченности можно разделить и по ним узнать о величине, направлении и эволюции окружающего породы магнитного поля. Точно так поступают палеомагнитологи, воссоздавая по остаточной намагниченности изверженных горных пород историю магнитного поля Земли («Земля и Вселенная», № 4, 1968 г., стр. 15—18. — Ред.).

Исследование магнитных свойств лунных образцов ведется сейчас

во многих лабораториях Советского Союза и за рубежом. Наибольший интерес представляет определение величины древнего поля. Достаточно надежных оценок пока немного. Полученная различными методами напряженность древнего поля Луны заключена между 0,01 и 1 эрстедом. Как изменялось это поле со временем?

Английский ученый А. Стефенсон и его коллеги, исследуя образцы базальта и анортозита, которые доставил экипаж «Аполлона-16», рассчитали, что величина древнего поля равнялась 1,3 эрстеда. Возраст образцов составлял 4 млрд. лет. Изучение других образцов показало, что

■ *Определение магнитной проницаемости μ_1 Луны. Магнитное поле $\vec{H}$ в шлейфе магнитосферы индуцирует внутри Луны поле $\vec{B} = \mu_1 \vec{H}$. Геомагнитное поле $\vec{H}$ измеряется магнитометром, установленным на лунном спутнике, а поле $\vec{B}$ — магнитометром на поверхности Луны. Сравнение одновременных показаний обоих магнитометров дает величину магнитной проницаемости Луны*

■ *Секторная структура межпланетного магнитного поля для нескольких последовательных оборотов Солнца (данные получены со спутника ИПМ-1 в декабре 1963 — марте 1964 года). Знак плюс означает, что поле направлено от Солнца, минус — к Солнцу*

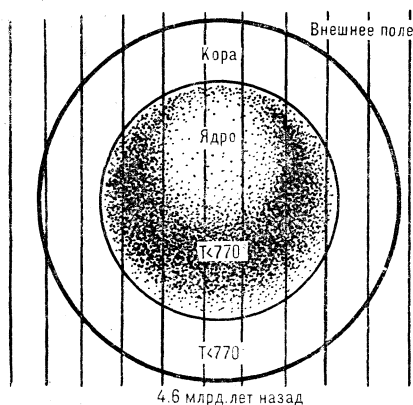
3,6 млрд. лет назад напряженность древнего поля была 0,3 эрстеда. По-видимому, за время, прошедшее с 4 до 3,6 млрд. лет назад, лунное магнитное поле уменьшилось примерно в 4 раза. Неясно, однако, происходило ли это изменение постепенно или скачкообразно.

Намагниченность лунных пород — твердо установленный факт, который указывает на существование у Луны (или в окружающем ее пространстве) в древнюю эпоху довольно сильного поля — от сотых долей до единиц эрстеда. В то же время, интенсивность намагниченности лунных пород (10^{-5} гс · см³/г) достаточна для того, чтобы однородно намагниченные площади лунной коры в 100—500 км² создали поля, наблюдаемые на поверхности Луны и с орбиты околоспутников.

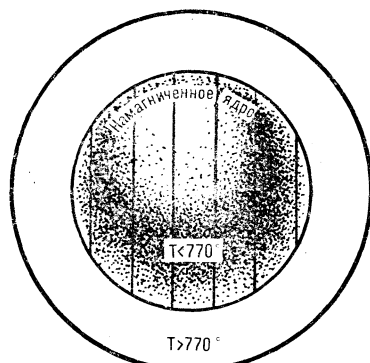
КАКИМ БЫЛО ДРЕВНЕЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЛУНЫ?

Если природа и характер современного магнитного поля Луны более или менее ясны, то по-прежнему остаются загадочными происхождение и эволюция древнего лунного поля. Каков источник полей, намагнитивших лунные породы? Было предложено немало гипотез, рассматривавших как внешние, так и внутренние источники поля.

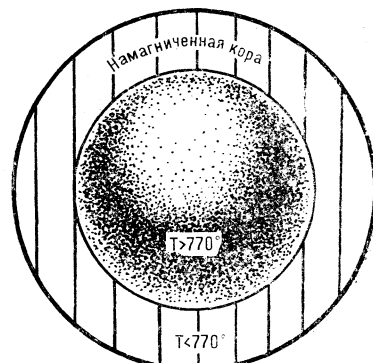
Ко внешним относятся магнитные поля солнечного или земного проис-



4,6 млрд. лет назад



4-3 млрд. лет назад



Современная эпоха

хождения. Японский геофизик Т. Нагата и его сотрудники высказали предположение, что лунные породы могли намагнититься в поле солнечного ветра. Напряженность этого поля, как полагают авторы гипотезы, на ранней стадии развития Луны была высокой — около 1000 гамм (вместо современных 5 гамм на орбите Земли). Но тогда требуется еще допустить, что поле солнечного ветра не имело секторной структуры. Такая структура межпланетного поля, по мнению советских и американских астрофизиков, непосредственно связана с магнитными полями на Солнце. Знак поля в пределах одного сектора совпадает со знаком среднего (по диску) солнечного поля. Число секторов и их угловые размеры могут меняться, но секторная структура магнитного поля в солнечном ветре существует всегда. Поэтому вряд ли произошло бы намагничивание Луны в таком меняющемся поле.

Выдвигалась также гипотеза намагничивания лунных пород магнитным полем Земли. Шведские астрофизики Х. Альвен и Х. Линдберг считают, что геомагнитное поле в прошлом было гораздо сильнее. Луна в то время находилась ближе к Земле. Но в силу сохранения общего углового момента системы Земля—Луна такая лунная орбита должна быть неустойчивой. Луна не могла двигаться по ней на протяжении 1 млрд.

лет — время, в течение которого все еще намагничивались лунные породы. Значит гипотеза шведских астрофизиков не в состоянии объяснить длительный период намагничивания Луны. К тому же не следует забывать, что Луна, обращаясь вокруг Земли, попадает в разные связки силовых линий геомагнитного шлейфа (северную или южную) с противоположным направлением поля. Таким образом, переменный характер поля — главная трудность при объяснении намагничивания Луны внешними источниками.

Среди теорий, рассматривающих внутренние источники лунного магнитного поля, наиболее простым и популярным механизмом генерации поля представляется механизм динамо, аналогичный динамо-механизму геомагнитного поля («Земля и Вселенная», № 5, 1973 г., стр. 25—29. — Ред.). Согласно теории самовозбуждающегося динамо, планетарное магнитное поле порождается электрическими токами, которые возникают при движении высокопроводящей жидкости в недрах планеты. Необходимые и достаточные условия для действия динамо — довольно большой размер жидкого проводящего ядра и соответствующая скорость движения вещества.

«Мотором» динамо-машины, который заставляет двигаться вещество, может быть тепловая, гравитационная конвекция или перенос веществ-

ва, вызываемый прецессией оси вращения планеты. Американский исследователь Г. Малкус считает основным движущим механизмом земного динамо прецессии оси вращения Земли под действием гравитационных сил Солнца и Луны.

Оценки, сделанные советским геофизиком Ш. Ш. Долгиновым, показывают, что если основываться на современных данных о размерах жидкого проводящего ядра Луны, скорости вращения и прецессии, то ее дипольное поле сейчас может быть около 0,04 гаммы. Интересно, что такую же величину дипольного поля получили недавно американские магнитологи, которые анализировали данные магнитной съемки Луны с экваториальной орбиты низколетящего спутника. Мог ли в прошлом лунный динамо-механизм генерировать магнитное поле напряженностью 1000 гамм и как происходило его затухание или ослабление? Ответ на эти вопросы во мно-

Одна из возможных моделей термической и магнитной эволюции Луны: 4,6 млрд. лет назад — аккумуляция холодной Луны и намагничивание ее во внешнем поле; 4—3 млрд. лет назад — разогрев лунной коры до температуры, превышающей точку Кюри для железа (770°С), недра же остаются холодными и намагниченными; современная эпоха — остывающая кора «запомнила» древнее поле, а горячие недра потеряли прежнюю намагниченность



гом зависит от того, насколько известны тепловая история Луны и эволюция ее орбиты («Земля и Вселенная», № 1, 1975 г., стр. 22—28.—Ред.).

Вероятнее всего, Луна аккумулировалась при низких температурах и не разогревалась в течение последних 4 млрд. лет. Вулканическое происхождение образцов лунных пород, доставленных на Землю, свидетельствует о том, что по крайней мере в поверхностных слоях Луны происходило плавление и дифференциация вещества. Сейсмическое зондирование, выполненное экспедициями «Аполлонов», обнаружило у Луны частично или полностью расплавленное ядро радиусом 200—300 км. Таким образом, тепловые и физические характеристики Луны могут существенно ограничить возможность действия в прошлом динамо-механизма.

Известные геофизики Г. Юри, С. Ранкорн и Д. Стренгвей придерживаются другой гипотезы. Они считают, что еще в процессе аккумуляции Луна намагнитилась в сильном поле (около 20 эрстед), существовавшем в протопланетном облаке. Напряженность поля на поверхности этой намагниченной Луны могла быть примерно 100 гамм. Дальнейшее ее тепловое развитие происходило так, что вначале разогревались и формировались поверхностные слои, «запомнившие» первоначальное лунное поле, а затем нагревались недра Луны, и она «размагнитилась». Модель эта привлекательна тем, что может объяснить однородную намагниченность обширных участков лунной коры. Но, как и тео-

рия динамо, гипотеза «первоначального» магнетизма не в состоянии объяснить больших (около 1 эрстеда) значений древнего поля.

Обилие гипотез, пытающихся объяснить природу лунного магнетизма, свидетельствует о том, что ученым еще недостает многих экспериментальных данных. Чтобы решить, реально ли очень малое дипольное поле, которое может быть обусловлено действующим в современную эпоху динамо-механизмом, необходима глобальная магнитная съемка Луны. Ее лучше всего проводить на малых высотах с лунного спутника, обращающегося по полярной орбите. Магнитная съемка позволит построить своеобразную «магнитную» карту Луны. По этой карте уже можно будет судить о распределении намагниченности во всей лунной коре.

Лунным палеомагнитологам — исследователям древнего поля Луны — важно знать не только величину, но и направление палеомагнитного поля, а для этого нужно изучить образцы из обнажений коренных лунных пород. Измерения магнитного поля на поверхности Луны с самоходных аппаратов помогут уточнить, как влияли ударные процессы на магнитные характеристики Луны, определить намагниченность небольших участков поверхности и отдельных образований — валунов, камней, тектонических разломов, кратеров.

В раскрытии загадок лунного магнетизма сделаны только первые шаги. Впереди много нового, интересного и, может быть, неожиданного.

УСПЕХИ АСТРОХИМИИ

Не часто внедрение в науку нового метода приводит к такому бурному успеху, какой выпал на долю астрорадиоспектроскопии. Наблюдения знаменитой радиолинии атомарного водорода с длиной волны 21 см составили эпоху в изучении межзвездной среды, открытие же радиолиний межзвездных молекул привело к рождению нового раздела астрономической науки — астрохимии.

Известно более 30 межзвездных молекул, и почти все они были отождествлены в течение последних шести лет по характеру излучения или поглощения в радиодиапазоне. Среди открытых молекул много сложных. Самая крупная из них — диметилафир — содержит девять атомов. Особенно интересно, что большинство межзвездных молекул — органические!

Сложные молекулы встречаются преимущественно в плотных газопылевых облаках. Из-за поглощения света пылью такие облака непрозрачны для видимых лучей (поэтому их часто называют «темными»), однако радиоизлучение проходит сквозь них свободно. Распределение плотности, температуры, характер движений и полей излучения в недрах «темных» и необычно плотных — «черных» облаков стали известны только благодаря радиоизлучению молекул. Эти новые данные стимулировали теоретические исследования. Оказалось, что возможности формирования молекул в межзвездных облаках (в частности, на поверхности пылинок) ранее недооценивались, тогда как вероятности их разрушения коротковолновым излучением, напротив, завышались. Пылинки, а также сами молекулы во внешних слоях облака поглощают губительную ультрафиолетовую радиацию и тем самым предохраняют молекулы в центре облака от разрушения.

Необычайно высокий интерес к межзвездным молекулам объясняет-

МОЛЕКУЛЫ, ОБНАРУЖЕННЫЕ В МЕЖЗВЕЗДНЫХ ГАЗОВЫХ ОБЛАКАХ

Молекула			Год открытия о — оптические линии, р — радиолнии	Наблюдавшиеся изотопные разно- видности моле- кулы (помимо основной)
Метилидин	CH		1937, о 1973, р	
Метилидин-ион	CH ⁺		1941, о 1940, о	
Циан	CN		1970, р	
Гидроксил	OH		1963, р	¹⁸ OH
Аммиак	NH ₃	$\begin{array}{c} \text{H} \backslash \\ \text{H}-\text{N} \\ \text{H} / \end{array}$	1968, р	
Вода	H ₂ O	$\begin{array}{c} \text{H} \backslash \\ \text{H}-\text{O} \\ \text{H} / \end{array}$	1968, р	HDO
Формальдегид	H ₂ CO	$\begin{array}{c} \text{H} \backslash \\ \text{H}-\text{C}=\text{O} \\ \text{H} / \end{array}$	1969, р	H ₂ ¹³ C ¹⁸ O, H ₂ ¹³ C ¹⁷ O
Водород	H ₂		1970, о	¹³ C ¹⁷ O, ¹³ C ¹⁸ O,
Окись углерода	CO		1970, р	¹³ C ¹⁸ O
Цианид водорода	HCN	H—C≡N	1971, о	DCN, H ¹³ C ¹⁴ N
			1970, р	H ¹² C ¹⁵ N
Метилловый спирт	CH ₃ OH	$\begin{array}{c} \text{H} \backslash \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \text{H} / \end{array}$	1970, р	
Муравьиная кислота	HCOOH	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{O}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{array} \end{array}$	1970, р	
Цианоацетилен	HC ₃ N	H—C≡C—C≡N	1970, р	
Формамид	NH ₂ CHO	$\begin{array}{c} \text{H} \backslash \\ \text{H}-\text{N}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{array} \end{array}$	1971, р	
Карбонил-сульфид	OCS	O=C=S	1971, р	
Сульфид углерода	CS		1971, р	¹³ C ³² S, ¹³ C ³⁴ S
Метилцианид	CH ₃ CN	$\begin{array}{c} \text{H} \backslash \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}\equiv\text{N} \\ \text{H} / \end{array}$	1971, р	
Метилацетилен	CH ₃ C ₂ H	$\begin{array}{c} \text{H} \backslash \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H} \\ \text{H} / \end{array}$	1971, р	
Изоциановая кислота	HNCO	H—N=C=O	1971, р	
Изоцианид водорода	HNC		1971, р	
Тиоформальдегид	H ₂ CS	$\begin{array}{c} \text{H} \backslash \\ \text{H}-\text{C}=\text{S} \\ \text{H} / \end{array}$	1971, р	
Окись кремния	SiO		1971, р	
Ацетальдегид	CH ₃ CHO	$\begin{array}{c} \text{H} \backslash \\ \text{H}-\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{array} \end{array}$	1971, р	
Метанимин	CH ₂ NH	$\begin{array}{c} \text{H} \backslash \\ \text{H}-\text{C}=\text{N}-\text{H} \\ \text{H} / \end{array}$	1972, р	
Сероводород	H ₂ S	$\begin{array}{c} \text{H} \backslash \\ \text{H}-\text{S} \\ \text{H} / \end{array}$	1972, р	
Окись серы	SO		1973, р	
Этинил	C ₂ H		1974, р	
Этиловый спирт	CH ₃ CH ₂ OH	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	1974, р	
Метиламин	CH ₃ NH ₂	$\begin{array}{c} \text{H} \backslash \\ \text{H}-\text{C}-\text{N} \begin{array}{l} \nearrow \text{H} \\ \searrow \text{H} \end{array} \\ \text{H} / \end{array}$	1974, р	
Диметилафир	(CH ₃) ₂ O	$\begin{array}{c} \text{H} \backslash \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{H} \\ \searrow \text{H} \end{array} \\ \text{H} / \end{array}$	1974, р	
Винилицианид	CH ₂ CHCN	$\begin{array}{c} \text{H} \backslash \\ \text{H}-\text{C}=\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{H} \\ \searrow \text{C}\equiv\text{N} \end{array} \end{array}$	1974, р	
Метилфосмиат	HCOOCH ₃	$\begin{array}{c} \text{O} \backslash \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{H} \\ \searrow \text{H} \end{array} \\ \text{H} / \end{array}$	1974, р	
Двуокись серы	SO ₂	O=S=O	1975, р	
Сульфид кремния	SiS		1975, р	

Ненадежные отождествления: N₂H⁺, HCO⁺, ~~M~~O⁺, SiN, SiC, HSIN.

которые открывает их исследование для космогонии. Дело в том, что по всем признакам внутри «темных» и «черных» облаков в настоящее время происходит рождение звезд и планетных систем. Разнообразие наблюдаемых молекул и условий, необходимых для их возбуждения, обещает богатые возможности для изучения разных стадий формирования звезд и планет. В частности, непосредственно с «зародышами» звезд и планет либо с «только что» родившимися звездами, по-видимому, связаны чрезвычайно компактные и яркие источники мазерного радиоизлучения молекул OH и H₂O (как выяснилось в последнее время, радиолнии SiO во многих источниках также имеет мазерную природу). Отрадно, что «сообщенные» молекулами сведения о физических условиях в очагах звездообразования вполне согласуются с существующими теоретическими представлениями о формировании звезд в результате гравитационной неустойчивости межзвездного газа. Но молекулы не только играют роль пассивных зондов, несущих информацию об условиях внутри облаков. Некоторые из них, особенно H₂ и CO, активно способствуют сжатию облаков в звезды, отводя избыток тепловой энергии облака в виде инфракрасного и радиоизлучения.

Частоты молекулярных радиолний весьма чувствительны к изотопному составу молекулы, благодаря чему межзвездные молекулы становятся незаменимыми индикаторами относительного содержания изотопов в космических газовых облаках. Наблюдения изотопных разновидностей межзвездных молекул показали, что относительные распространенности изотопов ¹²C и ¹³C, ¹⁴N и ¹⁵N, ¹⁶O и ¹⁸O, ³²S и ³⁴S почти повсеместно в Галактике близки к «земным» значениям. Этот факт чрезвычайно важен для выяснения картины эволюции Галактики.

Кандидат физико-математических наук
В. С. СТРЕЛЬНИЦКИЙ



Кандидат физико-математических наук
В. М. ЛЮТЫЙ

Оптическая переменность рентгеновских источников

Среди нескольких десятков точечных рентгеновских источников, обнаруженных в нашей Галактике, десять отождествлены с остатками сверхновых и еще десять, включая мощный источник в Малом Магеллановом Облаке, — со звездами 6—14-й величины («Земля и Вселенная», № 2, 1974 г., стр. 29—35. — Ред.). Рентгеновский поток от этих последних источников переменен, причем иногда он меняется больше чем в 20 раз. Кроме того, у некоторых источников рентгеновский поток регулярно, через определенные промежутки исчезает, что очень похоже на изменения блеска затменно-переменных звезд. Первым таким источником, привлечшим внимание исследователей, был Геркулес X-1.

Геркулес X-1 — довольно сильный рентгеновский источник на северном небе. Импульсы его рентгеновского излучения следуют через 1,24 секунды с такой же строгой периодичностью, как и у радиопульсаров. Каждые 1,7 дня наблюдаются затмения продолжительностью шесть часов.

В 1972 году Геркулес X-1 был отождествлен со звездой HZ Геркулеса, которая в то время считалась неправильной переменной. Однако вскоре, после интенсивного исследования этой звезды, выяснилось, что HZ Геркулеса меняет блеск с тем же периодом 1,7 дня, причем оптический минимум в точности совпадает с рентгеновским. Амплитуда изменений блеска больше трех звездных величин в ультрафиолетовой области спектра и около 1,5 — в визуальной. Такая специфическая переменность, когда амплитуда колебаний блеска сильно возрастает в ультрафиолетовой области спектра, характерна и для других

В нашей Галактике открыты точечные рентгеновские источники. Около десятка из них — переменные, весьма напоминающие обычные затменно-переменные звезды.

рентгеновских источников, например Лебедя X-2, а также для квазаров и ядер сейфертовских галактик. Одним из первых кривую блеска HZ Геркулеса построил советский астроном Н. Е. Курочкин. Как же интерпретируется оптическая переменность системы Геркулес X-1 — HZ Геркулеса?

Р. А. Сюняев, А. М. Черепашук и автор статьи считают, что изменения блеска видимой звезды объясняются в основном эффектом отражения, точнее переработкой рентгеновского излучения источника Геркулес X-1 в звездной фотосфере. Рентгеновское излучение, падающее на звезду, поглощается в ее фотосфере и переизлучается в оптической и ультрафиолетовой областях спектра. При этом полусфера звезды, обращенная к рентгеновскому источнику, оказывается в 3 раза ярче, чем противоположная. Поскольку двойную систему Геркулес X-1 мы видим почти с ребра, в минимуме блеска наблюдается сама оптическая звезда, которая относится к субгигантам спектрального класса A — F, а в максимуме — разогретая рентгеновским излучением часть звезды («горячее пятно»). Светимость рентгеновского источника примерно в 10 раз больше светимости звезды.

Но рентгеновский источник Геркулес X-1 имеет еще одну особенность: его поток можно регистрировать с

Земли только 11 дней из каждых 35, остальные 24 дня рентгеновское излучение отсутствует. Этот 35-дневный цикл проявляется и в оптической переменности. Когда рентгеновский источник «включен» (то есть можно наблюдать рентгеновское излучение), оптическая кривая блеска имеет пологий максимум, а когда «выключен» (отсутствует рентгеновский поток), максимум острый и яркость звезды в это время на 0,5 величины больше. Первым зависимость кривой блеска HZ Геркулеса от 35-дневного цикла рентгеновского источника обнаружил Н. Е. Курочкин.

Наиболее вероятное объяснение 35-дневного цикла в излучении Геркулеса X-1 — прецессия оси вращения рентгеновского пульсара. Его излучение, как и у радиопульсаров, строго направленно. Когда Земля попадает в конус направленного излучения, наблюдатели отмечают рентгеновский поток от Геркулеса X-1. Если же Земля вследствие прецессии оси вращения пульсара (период прецессии 35 дней) выйдет из этого конуса, рентгеновский поток не регистрируется. Однако и тогда излучение пульсара продолжает «освещать» звезду HZ Геркулеса, поскольку она расположена очень близко к нему.

Казалось бы, причина оптической переменности двойной системы Геркулес X-1 ясна: это — эффект отражения. Тем не менее полностью объяснить кривую блеска этой звезды эффектом отражения не удастся. Теория отражения предсказывает кривую блеска с узким максимумом и широким плоским минимумом, причем длительность последней фазы, которая соответствует полному затме-



РЕНТГЕНОВСКИЕ ИСТОЧНИКИ, ОТОЖДЕСТВЛЕННЫЕ СО ЗВЕЗДАМИ

Обозначение в каталоге	Название	Период	Рентгеновское излучение	Оптический объект	Расстояние; масса компакт. объекта (солн.)
3U 0115-37	ММО X-1	3,9 дня	Продолжительные рентгеновские затмения.	Звезда 13 ^m , сверхгигант В0.	60 кпс 1—4 M _☉
3U 0900-40	Паруса X-1	8,9 дня	Рентгеновские затмения, медленные вспышки.	Звезда HD 77581 6 ^m , сверхгигант В0.	~1,5 кпс ~1,2 M _☉
3U 1118-60	Центавр X-3	2,1 дня	Рентгеновские затмения. Рентгеновский пульсар с периодом 4,8 секунды.	Звезда 13 ^m , сверхгигант В0.	10 кпс <1 M _☉
3U 1617-15	Скорпион X-1	3,9 (или 0,8) дня	Вспышки длительностью от минут до часов. Затмений нет.	Звезда V 818 Sco 12—13 ^m , (малой светимости).	~2 кпс 2—40 M _☉
3U 1653+35	Геркулес X-1	1,7 дня	Рентгеновские затмения. Пульсар с периодом 1,24 секунды. Рентгеновский поток «виден» 11 дней из 35.	Звезда HZ Her 13—15 ^m , субгигант A—F.	6 кпс 1 M _☉
3U 1700-37	—	3,4 дня	Рентгеновские затмения, неправильная переменность за ~0,1 секунды. Самая большая длительность рентгеновских затмений — 1/3 периода.	Звезда HD 153919 6 ^m , сверхгигант O7.	1,7 кпс 1,4 M _☉
3U 1956+35	Лебедь X-1	5,6 дня	Неправильная переменность за время до 1 минуты. Иногда вспышки за ~0,001 секунды. Затмений нет.	Звезда V 1357 Cyg 9 ^m , сверхгигант O9.	2 кпс 6—13 M _☉
3U 2030+40	Лебедь X-3	4,8 часа	Синусоидальная кривая изменений рентгеновского потока.	Инфракрасный объект. Синусоид. Кривая блеска с периодом 4,8 часа.	>10 кпс ~1 M _☉
3U 2142+38	Лебедь X-2	?	Неправильная переменная за время до 1 минуты. Затмений нет.	Звезда V1341 Cyg 14—15 ^m , субкарлик G.	~1 кпс ?

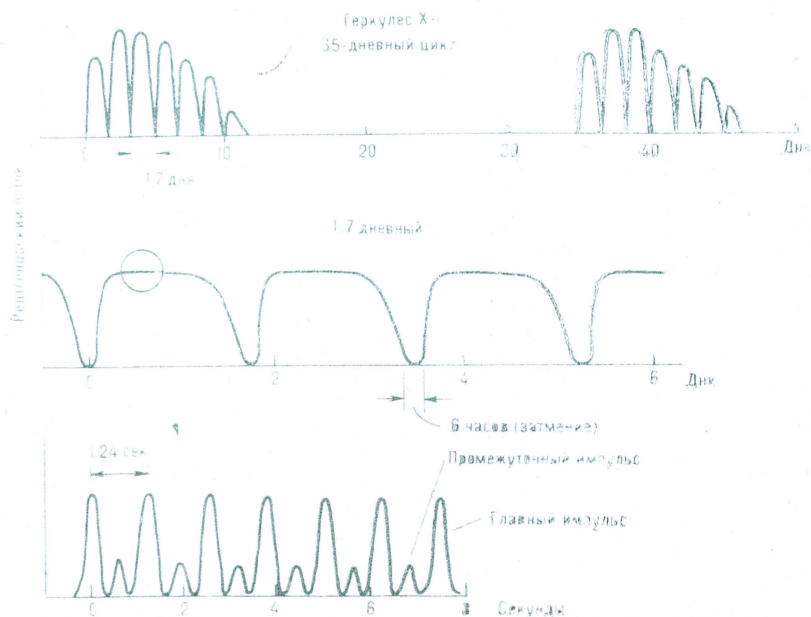
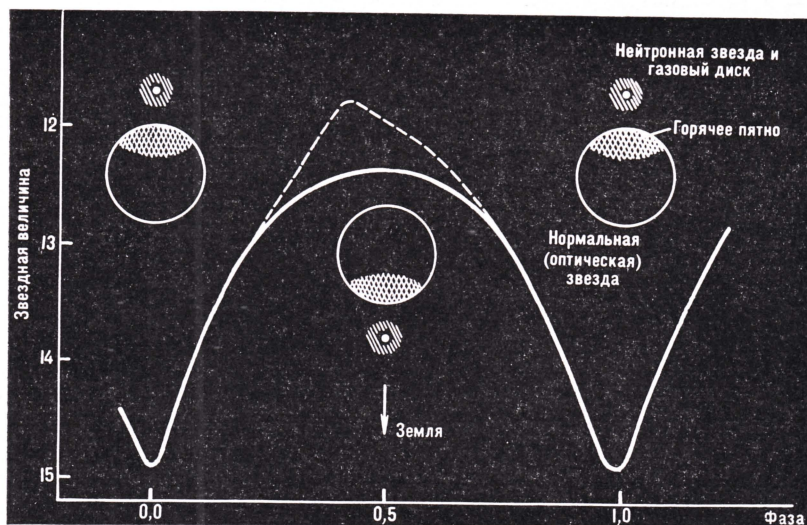
нию полусферы звезды, прогретой рентгеновским излучением, должна быть равна продолжительности рентгеновского затмения. Наблюдения показали, что в оптическом диапазоне полное затмение длится не более двух часов (в 3 раза меньше, чем рентгеновское). Остальное время наблюдается затмение протяженного объекта, связанного с рентгеновским источником и имеющего размеры несколько меньшие, чем размеры видимой звезды. Вероятно, рентгеновский источник окружен газовым диском. Существование таких дисков вокруг рентгеновских источников предполагается в теории аккреции. (Напомним, что термин «аккреция» означает процесс падения вещества на некоторый притягивающий объект, например звезду, с выделением при этом энергии.)

Итак, мы приходим к следующей

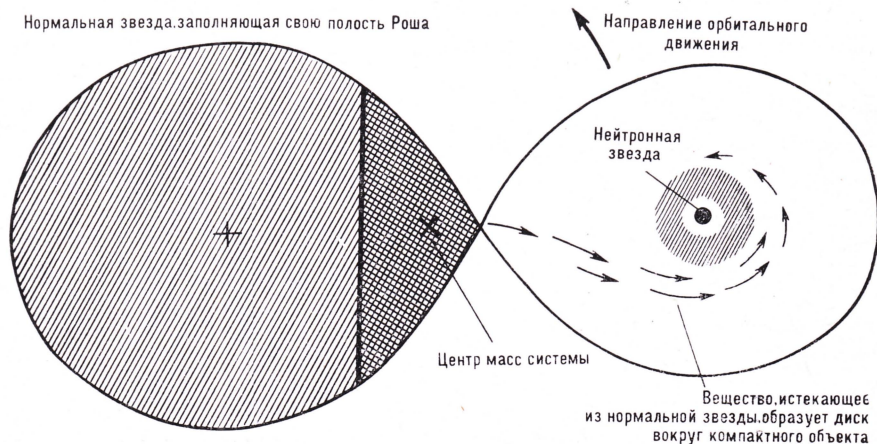
Кривая блеска в ультрафиолетовых лучах (наблюдения автора статьи) и расположение компонентов двойной системы Геркулес X-1 по отношению к земному наблюдателю. Пунктирная кривая блеска соответствует той фазе 35-дневного цикла, когда рентгеновский источник «выключен»

Циклы рентгеновской переменности источника Геркулес X-1: 35-дневный, 1,7-дневный (орбитальный) и 1,24-секундный (пульсарный)

Теоретическая модель двойной системы Геркулес X-1. Рентгеновское излучение возникает при аккреции вещества, истекающего из нормальной звезды, на нейтронную звезду



Нормальная звезда, заполняющая свою полость Роша



модели рентгеновского источника — члена двойной системы: обычная звезда, которая заполняет свою полость Роша*, и компактный объект — нейтронная звезда или черная дыра. Вещество, истекающее из звезды, аккрецирует на компактный объект. При этом возникает рентгеновское излучение, так как вещество разогревается до миллионов градусов.

В двойных системах можно определить массы компонентов (по третьему закону Кеплера), если известна кривая блеска и кривая лучевых скоростей. У Геркулеса X-1 масса нормальной звезды получается около двух солнечных масс, а нейтронной звезды — рентгеновского пульсара — около одной солнечной.

В некоторых двойных системах, содержащих рентгеновский источник, оптическая звезда представляет собой сверхгигант высокой светимости. Из таких объектов лучше всего исследован источник Лебедь X-1. Он был отождествлен со звездой, которая недавно внесена в каталог переменных звезд как V1357 Лебеда. (Переменность этой звезды с периодом 5,6 суток установил автор статьи. — Ред.)

Рентгеновских затмений в системе Лебедь X-1 не наблюдается. Двойственность этой системы была обнаружена по спектру видимой звезды: ее лучевая скорость менялась с периодом 5,6 дня. Блеск звезды также оказался переменным, но с периодом в 2 раза меньше, то есть за один орбитальный период видны два максимума и два минимума блеска. Ампли-

туда изменений блеска невелика, в среднем 0,07 звездной величины, причем она не зависит от длины волны: одинакова и в визуальной и ультрафиолетовой областях спектра. Основная причина, по которой изменяется блеск в системе Лебедь X-1, — эффект эллипсоидальности оптического компонента. Звезда заполняет свою критическую полость Роша, принимая форму эллипсоида. При обращении компонентов вокруг общего центра масс системы мы видим большую или меньшую поверхность эллипсоида, что дает приблизительно синусоидальную кривую блеска.

Спектральные наблюдения как и фотометрические, позволяют оценить массу второго компонента системы — компактного рентгеновского источника. Разные исследователи приводят близкие значения массы компактного объекта Лебедь X-1 — от 6 до 13 солнечных масс. Самая нижняя оценка, полученная для массы рентгеновского источника, равна 3, а наиболее вероятная — 10 солнечных. Следовательно, Лебедь X-1 не может быть ни нейтронной звездой, ни белым карликом (аккреция на белый карлик тоже дает рентгеновское излучение). Ведь масса нейтронной звезды и белого карлика не должна превышать 2,5 солнечной. Значит, Лебедь X-1 может быть только черной дырой — компактным объектом, поле тяготения которого настолько велико, что ни вещество, ни излучение не в состоянии его покинуть. Лебедь X-1 считается сейчас наиболее вероятным кандидатом в черные дыры.

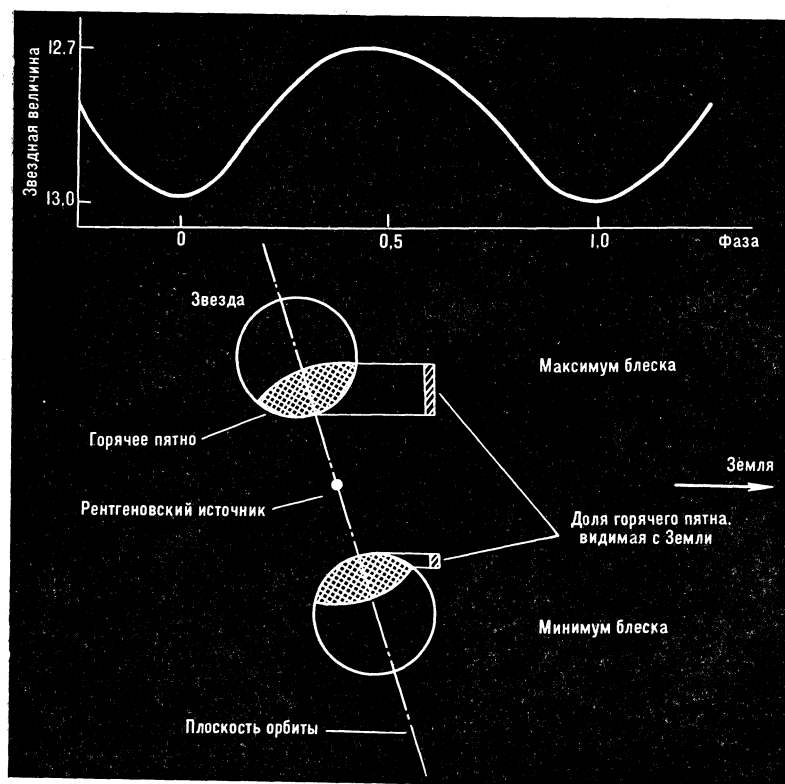
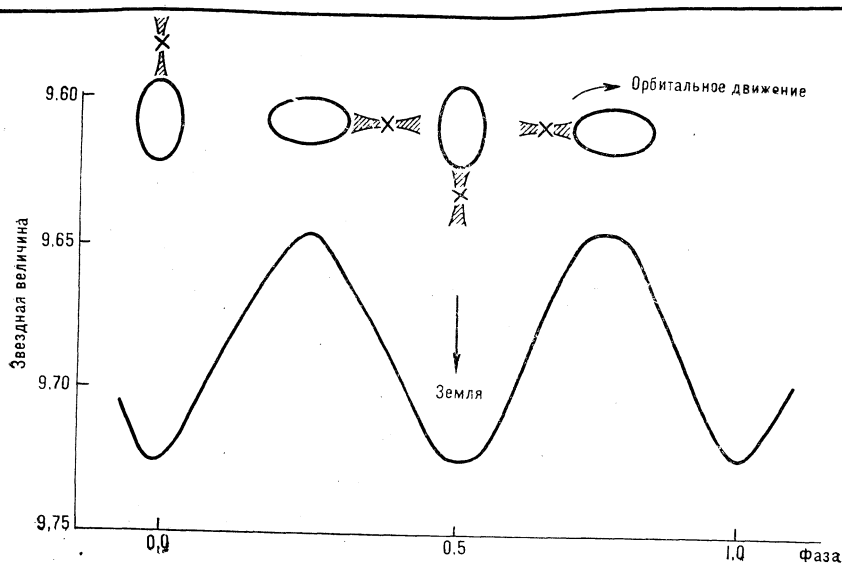
Итак, оптическая переменность двойных систем с рентгеновским источником объясняется эффектом от-

ражения или эффектом эллипсоидальности оптической звезды. В первом случае нормальная звезда имеет достаточно низкую светимость, она, по видимому, принадлежит сферической составляющей (старое население) Галактики. Во втором случае нормальная звезда — голубой сверхгигант высокой светимости (плоская составляющая). К последним относится большая часть отождествленных рентгеновских источников: Лебедь X-1, Центавр X-3, объекты, обозначенные в третьем каталоге «Uhuru», как 3U0900-40 и 3U1700-37, источник в Малом Магеллановом Облаке ММО X-1 и др.

До недавнего времени одним из самых загадочных объектов был рентгеновский источник Скорпион X-1. Это — сильнейший рентгеновский источник на небе: он в 15 раз ярче Лебеда X-1. В 1966 году Скорпион X-1 удалось отождествить с голубой переменной звездой примерно 13-й величины (V818 Скорпиона). Ни рентгеновских, ни оптических затмений у этого объекта не было обнаружено. Получалась странная ситуация: почти все отождествленные рентгеновские источники — двойные системы, а самый мощный из них — одиночный.

В 1974 году Ю. Н. Ефремов и автор статьи, проанализировав фотометрические наблюдения звезды V818 Скорпиона, нашли, что в изменениях ее блеска есть периодическая составляющая с периодом 3,9 дня. Американские астрономы показали, что возможен период в 0,8 суток, сопряженный с периодом 3,9 дня. Сопряженные периоды появляются потому, что наблюдения V818 Скорпиона проводятся примерно в одно и то же время суток. Часто сопряженный пе-

* Пространство внутри первой предельной поверхности Роша. («Земля и Вселенная», № 5, 1972 г., стр. 22—26. — Ред.)



Скорпион X-1 входит в двойную систему, в которой оптическая звезда имеет небольшую светимость. Следовательно, основная причина оптической переменности — эффект отражения, как и в Геркулесе X-1. Однако в отличие от последнего, который мы видим почти с ребра, система Скорпион X-1 наблюдается «плашмя». Прогретая рентгеновским потоком часть звезды («горячее пятно») видна всегда, даже в минимуме блеска, и орбитальная переменность объясняется тем, что наблюдается большая или меньшая часть пятна (аналогично фазам Луны). Поэтому амплитуда периодической составляющей невелика, всего 0,25 величины, хотя неправильные флуктуации блеска, вызванные переменностью рентгеновского потока, имеют амплитуду около одной величины. Вклад же самой относительно холодной звезды в оптическую светимость системы очень мал.

Мы рассказали лишь о трех из десяти рентгеновских источников, отождествленных со звездами. Девять из них — двойные. Последний — десятый источник, по всей вероятности, тоже член двойной системы. Возможно, что все достаточно сильные рентгеновские источники входят в двойные системы. Их рентгеновское излучение возникает при аккреции вещества, истекающего с нормальной звезды, на компактный объект — нейтронную звезду или черную дыру. Оптическое излучение таких двойных систем отличается специфической переменностью, особым видом эмиссионного спектра и т. д. Не исключено, что особенности оптического излучения помогут обнаружить еще неизвестные рентгеновские источники.

Кривая блеска в синих лучах (наблюдения автора статьи) и расположение компонентов двойной системы Лебедь X-1 по отношению к земному наблюдателю

Средняя кривая блеска V818 Скорпиона и взаимное расположение компонентов на орбите в максимуме и минимуме блеска

риод не удастся отличить от истинного. Таким образом, вопрос об истинном периоде изменения блеска звезды V818 Скорпиона — 3,9 или 0,8 дня — остается пока открытым.

Р. А. Сюняев, Н. И. Шакура и автор статьи, считая, что орбитальный период двойной системы Скорпион X-1 равен 3,9 дня, предложили следующую модель. Рентгеновский источник



Кандидат геолого-минералогических наук
А. М. ГОРОДНИЦКИЙ

Магнитное поле океана

КОМПАС ВЕДЕТ КОРАБЛИ

Интерес к магнитному полю Земли возник в связи с появлением компаса, который, если верить китайским легендам, изобрели более 4 000 лет назад. Не будь компаса, великие географические открытия совершились бы позднее на многие века. Уже в 265—419 годах нашей эры кормчие на судах использовали замечательные свойства магнитной стрелки и уверенно прокладывали курс в необъятных океанских просторах.

Пионером в изучении магнитного поля океана был Христофор Колумб, который открыл не только Америку, но и магнитное склонение — способность стрелки компаса по-разному отклоняться от направления север — юг в разных точках океана. Во второй

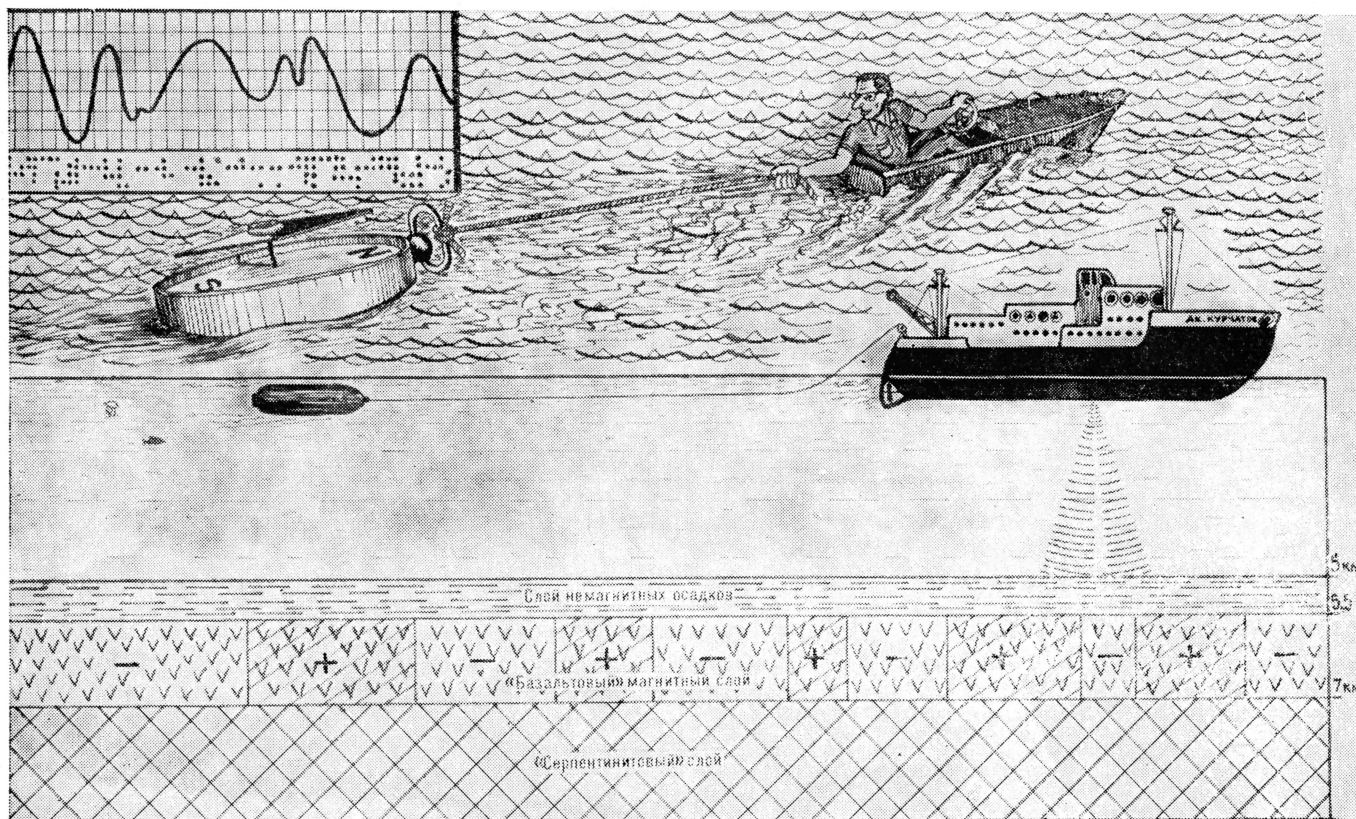
Стрелка компаса помогала когда-то отважным мореплавателям на утлых парусных суденышках открывать неведомые материки и острова. Сегодня разгадка таинственной природы магнетизма обещает новые удивительные открытия на пути к познанию нашей планеты.

половине XVI века компасный мастер Роберт Норман из Лондона обнаружил магнитное наклонение — отклонение северного конца стрелки вниз в северном полушарии. Так впервые возникла мысль, что источник магнитного притяжения расположен где-то внутри нашей планеты. В 1701 году английский моряк и ученый Э. Гал-

лей построил первую «магнитную карту» Атлантического океана и нанес на нее значения магнитного склонения. Составление таких магнитных карт для суши началось только более ста лет спустя.

Океан «опережал» сушу в изучении магнитного поля почти до конца прошлого века, и лишь развитие геологии, связанное с бурным промышленным ростом на рубеже XIX и XX веков, потребность в крупных месторождениях минерального сырья и в первую очередь железных руд, привело к тому, что магнитные поля стали тщательно изучаться на суше, а океан был временно забыт. Но забыли его ненадолго.

В годы второй мировой войны немцы выставили большие минные поля в Норвежском и Баренцевом морях, на пути движения английских конво-



ев, следовавших в Архангельск с военными грузами. Мины оснащались магнитными взрывателями, которые срабатывали сразу, как только приближался магнитный корпус судна. Однажды ночью все минные поля сами по себе неожиданно взлетели на воздух. Причиной этого оказались сильные вариации магнитного поля в северных морях, которые сыграли роль ложной мишени. Так «мстил» океан за невнимание к изучению его магнитного поля.

Измерения полной напряженности магнитного поля в океане с буксируемым магнитометром, помещенным в водонепроницаемую гондолу. На борту судна размещена регистрирующая аппаратура ЭВМ, обрабатывающая данные. На рисунке показаны три слоя, составляющие земную кору под дном океана: слой немагнитных осадков, магнитный слой изверженных пород — «базальтовый» слой и «серпентинитовый» слой. Знаками «плюс» и «минус» в магнитном слое отмечены блоки с разной намагниченностью

МАГНИТЫ ПОД ДНОМ ОКЕАНА

Новая эпоха в исследовании морских магнитных полей настала в конце 50-х годов: начались массовые измерения с океанографических судов в самых разных частях Мирового океана. Повышенный интерес к магнитному полю океана был связан прежде всего с тем, что потребности современной промышленности стали настойчиво подталкивать ученых к разведке и освоению минеральных богатств под дном океанов и морей. А это в свою очередь поставило вопрос об изучении глубинного геологического строения покрытых водой двух третей нашей планеты.

Сейчас известно, что аномалии магнитного поля на поверхности Земли связаны с неоднородностями строения ее коры и, прежде всего, с разным содержанием в горных породах магнитных минералов — магнетита и титаномагнетита. Советские ученые Г. Н. Петрова, Д. М. Печерский и дру-

гие исследователи показали, что магнитные минералы встречаются в земной коре на относительно небольших глубинах (на материках не глубже 70 км), образуя магнитную оболочку Земли. Сильнее других намагничены изверженные горные породы — базальты и габбро, содержащие максимальное количество магнитных минералов.

Когда геологи и геофизики начали изучать земную кору под дном океанов, то обнаружили, что она имеет иное строение, чем на материках. На суше часто встречаются мощные осадочные немагнитные толщи пород, в которые внедряются магнитные изверженные породы. Под осадочной толщей залегает «гранитный» слой, а под гранитным — базальтовый, обладающий повышенной магнитностью. В океане нет «гранитного» слоя, тонкий чехол осадков сразу сменяется базальтовым слоем, который и создает здесь основные магнитные аномалии. Такое «более простое» устрой-

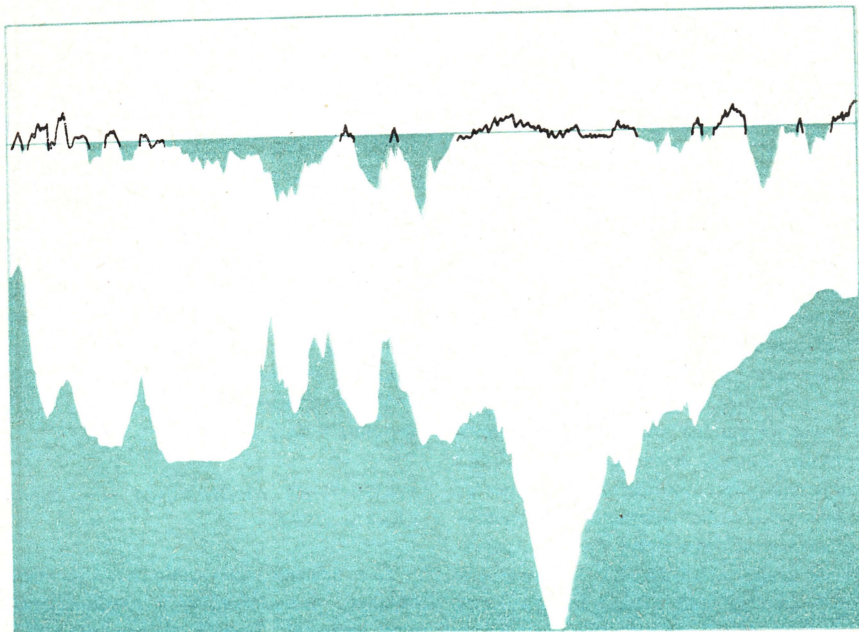


ство океанической коры, казалось бы, давно должно было привлечь внимание ученых. Долгие годы расшифровка магнитных съемок на континентах напоминала разгадывание ребусов. Однако измерить параметры магнитного поля на поверхности океана и под ней, на глубине, оказалось далеко не легким делом. Не было аппаратуры, которая, во-первых, не испытывала бы влияния магнитного корпуса судна, а, во-вторых, не зависела бы от морской качки.

МАГНИТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Как измеряется поле в океане? Много лет характеристики магнитного поля в океане измеряли только со специальных немагнитных судов «Заря» (СССР) и «Карнеги» (США). Такие измерения были крайне немногочисленны. Строительство большого числа немагнитных судов было бы чрезвычайно дорого. Поэтому ученые и специалисты в разных странах ищут другие пути. Так, с конца 50-х годов США, а затем и СССР стали активно применять аэромагнитные съемки морских акваторий. Сетью аэромагнитных съемок покрыты почти все окраинные и внутренние моря. Однако этот метод тоже не решает всех проблем наблюдения. Ведь проведение аэромагнитной съемки в центральных глубоководных районах практически невозможно из-за отсутствия баз для самолетов. Кроме того, трудно одновременно с аэромагнитной съемкой измерять глубины дна и проводить другие геофизические исследования. Где же выход?

Необходимы такие магнитометры, которые могут буксироваться за суда-

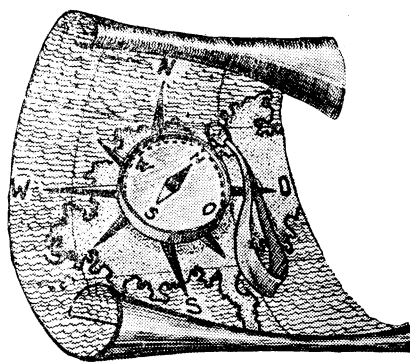


ми. Это, во-первых, устраняет главную трудность — искажающее влияние магнитного корпуса, и, во-вторых, позволяет одновременно с магнитными измерениями проводить с того же судна сейсмические, гравиметрические, электрометрические и другие геофизические исследования, а также промеры глубин. На сегодня весьма распространенный буксируемый магнитный прибор — «протонный» магнитометр. Его эффект ос-

Типовая запись аномального магнитного поля и рельефа дна над глубоководным желобом в районе Ново-Гейбридских островов. На графике видны аномалии над подводными вулканами

нован на том, что под действием внешнего магнитного поля в жидкостях возникает прецессия протонов. Частота прецессии, вызванной магнитным полем, пропорциональна величине его напряженности. Тщательно измеряя частоту прецессии протонов в магнитном поле, можно получить величину полной напряженности магнитного поля с точностью до одной гаммы. При средней напряженности земного магнитного поля 0,5 эрстеда это составляет 0,002%.

В Советском Союзе сейчас создано несколько различных моделей протонных буксируемых магнитометров. Так, в 1974 году во время магнитных измерений в Тихом океане на научно-исследовательском судне «Дмитрий Менделеев» использовался маг-



нитометр конструкции Е. В. Вержбицкого, созданный в секторе тектоники и геофизики дна океанов Института океанологии АН СССР. Датчик прибора буксируется за кормой на расстоянии 300 м от судна в полиэтиленовой непроницаемой гондоле. Устройство датчика несложно: внутри двух пар катушек помещаются сосуды с протонсодержащей жидкостью (спирт или дистиллированная вода). В катушках на 6—10 сек наводится магнитное поле, перпендикулярное измеряемому. Затем ток выключается, и к катушкам подводится измерительная линия, по которой отмечают частоту прецессии протонов в земном магнитном поле. Значения напряженности магнитного поля регистрируются на цифropечатающей машине или пробиваются на перфоленте для окончательной обработки на ЭВМ. «Дмитрий Менделеев» оснащен ЭВМ «Минск-22». По измеренным значениям аномального магнитного поля ЭВМ автоматически рассчитывает глубины залегания магнитных тел и их намагниченность.

В последние годы советские геофизики успешно работают в океане с отечественными квантовыми магнитометрами, которые точнее протонных. Разрабатываются и такие магнитометры, которые будут измерять не только величину полного вектора магнитного поля, но и его составляющие — горизонтальную и вертикальную. Первые образцы этих приборов созданы в Морском гидрофизическом институте АН УССР в Севастополе.

Конечным результатом систематических измерений магнитного поля должна стать магнитная карта океана.

Однако для ее построения недостаточно сведений о самой величине напряженности, нужны и точные данные о колебаниях напряженности магнитного поля во времени — вариациях. Регулярные наблюдения за вариациями напряженности магнитного поля возможны лишь со специальных закоренных буев, расставленных в разных точках океана на длительный срок. «Начинкой» таких буев станет автоматическая аппаратура — магнитовариационные станции. Разработка этой аппаратуры ведется и у нас в стране, и за рубежом.

МАГНИТНЫЕ АНОМАЛИИ «РАЗДВИГАЮТ» ОКЕАН

Уже первые полигонные магнитные съемки, проведенные в глубоководных районах Тихого, Атлантического и Северного Ледовитого океанов, показали, что аномальное «морское» магнитное поле совершенно непохоже на «сухопутное». В океанах аномалии образуют строго вытянутую в одном направлении полосчатую систему закономерно сменяющих друг друга положительных и отрицательных аномалий.

Магнитные аномалии в океане расположены удивительно симметрично относительно срединно-океанических хребтов и связанных с ними рифтовых зон. Советские геофизики Р. М. Деменицкая и А. М. Карасик, анализируя полосчатые аномалии, полученные при аэромагнитных съемках Северного Ледовитого океана, открыли подо льдом новый Срединно-Арктический хребет. На основе этих особенностей структуры «морского» магнитного поля английские

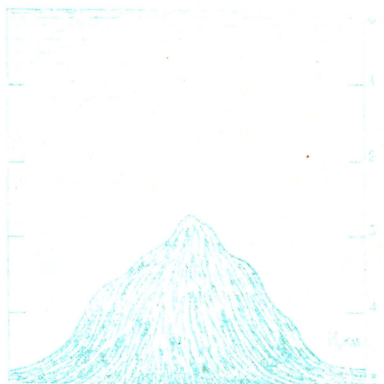
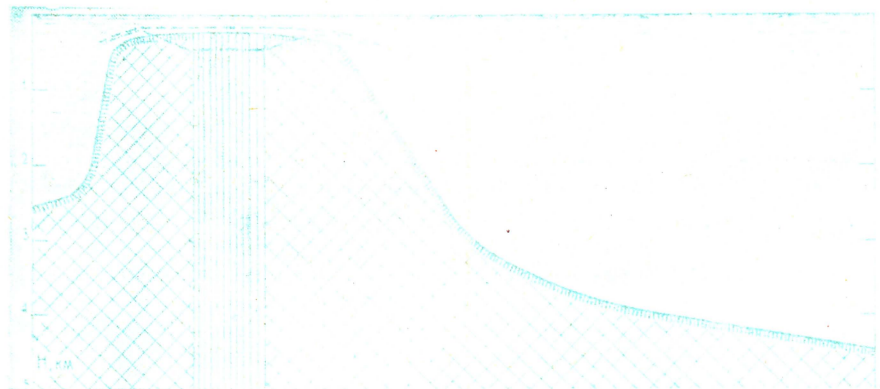
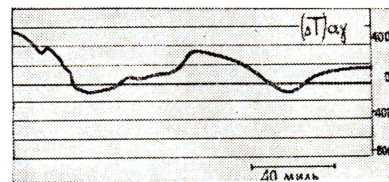
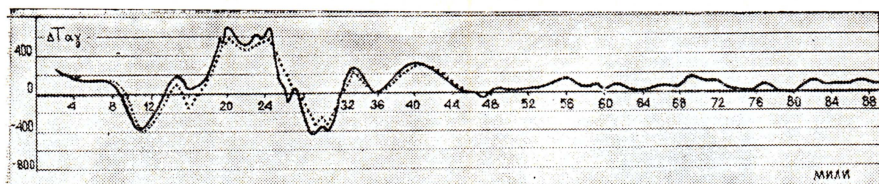
геофизики Ф. Вайн и Д. Мэтьюз выдвинули в 1963 году гипотезу раздвижения океанического дна в обе стороны от оси срединных хребтов к континентам («Земля и Вселенная», № 5, 1974 г., стр. 20—28.— Ред.).

В настоящее время магнитологи, изучая направления намагниченности горных пород различного возраста, установленного палеонтологическими и радиоактивными методами, построили шкалу изменения полярности магнитного поля Земли за последние 4 млн. лет.

Сопоставляя результаты магнитных съемок над срединными хребтами в различных районах Мирового океана с палеомагнитной шкалой инверсий, нетрудно заметить, что чередование полярности по обе стороны от оси срединных хребтов соответствует изменениям направления магнитного поля Земли. Величины отношения ширины аномальных полос к интервалу времени на шкале полярности характеризуют скорость раздвижения океанического дна. Так, для хребта Рейкьянес скорость раздвижения 1,0 см/год, для хребта Хуан-де-Фука — 2,9 см/год, для Восточно-Тихоокеанского хребта — 4,4 см/год. Таким образом, изучение генеральной структуры аномального магнитного поля в Мировом океане помогает составить представление о возникновении и развитии океанического дна.

«МАГНИТНЫЕ» И «НЕМАГНИТНЫЕ» ПОДВОДНЫЕ ГОРЫ

На дне океанов широко развиты подводные горы — как отдельно стоящие, так и образующиеся в подвод-



ных хребтах. Их там гораздо больше, чем на суше, и как правило, это — вулканы. Некоторые из них возвышаются над поверхностью воды, образуя вулканические острова. Сложенные сильномагнитными изверженными породами, они вызывают аномалии в несколько сот гамм, однако иногда обнаруживаются и «немагнитные» подводные горы.

Когда подводный вулкан — а таких случаев уже сейчас можно насчитать довольно много, — образуется позднее, чем соседние участки дна, его намагниченность может иметь направление, противоположное намагниченности окружающих пород. Это происходит, если за время, прошедшее между образованием участка океанского дна и вулкана, изменялась полярность магнитного поля всей Земли. Подводные горы и близкие им по происхождению вулканические острова различаются по магнитным характеристикам. Полученные в настоящее время сведения о их магнетизме дали возможность предложить магнитную классификацию подводных гор. В зависимости от величины аномалии подводные горы могут быть разделены на «магнитные» и «немагнитные». В свою

очередь магнитные горы могут иметь прямую и обратную намагниченность. Характер аномалии над подводными горами делает их простыми и сложными. Подводные горы, аномалии над которыми близки к теоретическим, рассчитанным по рельефу горы, можно отнести к простым (например, пик Керин в Атлантическом океане). Для сложных аномалий обычно не удается подобрать эквивалентную модель путем подбора тела с одно-

■ *Аномалия магнитного поля над подводной горой Грейт-Метеор (Северная Атлантика), зарегистрированная автором в 1963 году. Вертикальной штриховкой (синим цветом) показано жерло подводного вулкана. Сплошная линия (синий цвет) — вычисленная верхняя граница намагниченного тела при вертикальном намагничивании пород жерла, штрихпунктирная — при горизонтальном намагничивании. Черной линией показано измеренное приращение напряженности магнитного поля, точечной линией — вычисленные значения напряженности*

■ *«Немагнитная» подводная гора, открытая в 11-м рейсе «Дмитрия Менделеева» в Тасмановом море и магнитные аномалии над ней*

родной намагниченностью (например, подводные горы Ампер, Эрвинг и др.).

Изучение магнитных свойств образцов с подводных гор и в первую очередь с островов, где удобно отбирать образцы для определения полярного древнего магнитного поля, принесло новые аргументы сторонникам дрейфа континентов. Дело в том, что за геологическую историю нашей планеты магнитные полюсы не только менялись местами, но и занимали различное положение по отношению к современным географическим полюсам. Например, около 600 млн. лет назад северный магнитный полюс находился почти на экваторе и за все это время медленно «дрейфовал» до его нынешнего положения.

Дрейф магнитного полюса определялся исследователями по результатам изучения направления векторов древнего поля в образцах, собранных с разных континентов. Оказалось, что кривые дрейфа полюсов, полученные отдельно для Европы и для Северной Америки, сильно расходятся. Чтобы такого расхождения не было, необходимо допустить, что в далеком прошлом Северная Аме-



рика и Европа были совмещены, а затем отодвигались друг от друга.

Палеомагнитные исследования в океане проводить трудно, потому что при отборе образцов надо всегда знать их положение на дне. Помогают таким исследованиям острова и примыкающие к ним подводные горы. Если остров или подводная гора перемещались с момента своего возникновения, то кривая дрейфа палеомагнитного полюса для горы должна отклоняться от кривой дрейфа, рассчитанной по палеомагнитным данным на материках. Большой интерес для подобных исследований представляет Тихий океан, где предполагается существование более 10 тыс. подводных гор. Анализ намагниченности подводных гор и островов в северо-восточной части Тихого океана показал, что подводные горы здесь перемещались с востока на запад на многие тысячи километров вместе с блоками вмещающей их океанической коры.

Анализируя намагниченность подводных гор Маэр и Бутель, расположенных в зоне гигантских разломов океанской коры, удалось выяснить, что дно Тихого океана здесь интенсивно раздвигается и что это раздвижение сопровождается вращением отдельных блоков коры. Палеомагнитными исследованиями подводных гор в северо-западной части Тихого океана установлено, что дно в этом районе значительно сместилось к северу. Величина аномалии магнитного поля над подводной горой может иногда указывать и на состав слагающих ее пород. Так, базальтовые вулканы глубоководных районов океана, как правило, сильнее намагничены, чем

андезитовые, располагающиеся в его окраинных частях, в области развития островных дуг. В таких случаях магнитная съемка может распознавать подводные вулканы разного состава.

В возможности этого можно убедиться на примере надводных андезитовых и базальтовых вулканов Курильских островов и Камчатки. Приспальное внимание заслуживает аномальное магнитное поле в переходных зонах от континентов к океанам. Магнитные характеристики переходных зон обусловлены особенностями глубинного строения земных недр на стыке континентальной и океанической коры. В переходных зонах атлантического типа, например на краях материковых блоков, перестраивается структура магнитного поля. Такая же картина наблюдается в Индийском и Северном Ледовитом океанах. Повсюду на краях материковых блоков в этих океанах, согласно данным магнитной съемки, под чехлом осадочных немагнитных отложений выявлены «краевые хребты». Они вызваны подъемом гранитного фундамента у края континентальной плиты. Краевые аномалии, обнаруженные вдоль Атлантического побережья США, у берегов Норвегии, на Чукотке, у берегов Африки и в других районах, служат основной магнитной характеристикой переходной зоны от континента к океану.

Здесь рассказано далеко не о всех геологических проблемах, решению которых помогает изучение аномальных магнитных полей в океане. Бурное развитие самых разнообразных наук о Земле каждый день ставит новые вопросы перед исследовате-

лями. Мало известно, например, о влиянии магнитного поля на подводную навигацию рыб и других морских животных. Почти ничего не сделано в области изучения магнитных полей, создаваемых такими гигантскими океанскими течениями, как Гольфстрим и Куро-сио.

Изучение магнитного поля Мирового океана в наше время помогает не только морякам, но и геологам. Результаты измерений магнитного поля в океане явились одной из основ для создания новой теории происхождения и развития нашей планеты — новой глобальной тектоники. Магнитные измерения в шельфовых морях широко применяются для поисков самых разнообразных полезных ископаемых. Наконец, электромагнитные измерения в океане позволяют проникать в самые сокровенные глубины Земли, принося сведения о строении ее внутренних оболочек.

Уже сегодня почти ни одна океанографическая экспедиция независимо от целей исследований не обходится без магнитных измерений.

В последние годы в США и в нашей стране пристальное внимание ученых привлекает возможность магнитных измерений с подводных лодок и батискафов на больших глубинах, близко к океаническому дну, изучение так называемой «тонкой» структуры поля. Можно ожидать, что изучение магнитного поля в океане в недалеком будущем принесет новые удивительные открытия.

Рисунки В. ЛОВЧУКА



1945
1975

Инженер-полковник,
профессор Р. В. КУНИЦКИЙ

Как обучали астрономии штурманов в годы Великой Отечественной войны

В учебниках астрономии последовательность изложения трафаретная: сначала вводится абстрагирующее природу геометрическое понятие небесной сферы, затем рассказывается о всех ее применениях в сферической и практической астрономии. Слово практической следовало бы брать в кавычки, так как в подавляющем большинстве случаев в школьном преподавании дело обычно не идет дальше доски и мела. Но интересно, что при обучении астрономии штурманов самолетов (а это обучение даже в невоенное время проводилось в чрезвычайно сжатые сроки и уж, конечно, было связано с действительно практической астрономией!) небесная сфера оказалась совершенно лишней. А когда началась война и время на подготовку штурманов резко сократили, это обстоятельство стало очень важным. Обучать авиационной астрономии нужно было так, чтобы штурманы получали достаточно ясное представление о системах небесных координат светил, не тратя при этом время на осмысление абстрактных вопросов, неизбежно возникающих при использовании небесной сферы.

Инспектируя школы, где готовились штурманы для Aviации дальнего действия, я имел возможность убедиться в тех серьезных трудностях, которые возникали как у курсантов, так и у их преподавателей при использовании для практических целей теоретических знаний, полученных с применением небесной сферы. Возможно, конечно, что и преподаватели, и их ученики испытывали вполне понятное волнение, выступая в присутствии астронома-специалиста, но

Авиационная астрономия, оказавшаяся очень полезной во время первых сверхдальних перелетов, в годы войны помогала летчикам Aviации дальнего действия находить и уничтожать объекты противника («Земля и Вселенная», № 4, 1975 г., стр. 48—52.—Ред.). Подготовка авиаштурманов в военных условиях проходила в весьма сжатые сроки, и возникла необходимость изменить прежнюю методику обучения.

было совершенно ясно и то, что основная причина такого волнения — просто плохое понимание ими существа дела.

Пришлось быстро и бесповоротно принять решение. Во время войны было не до излишних словопрений с теми, кто защищал устаревшую методику только потому, что она была для них привычной и позволила им самим в свое время получить (как правило, с большим трудом) минимум необходимых знаний. Еще в начале 1943 года в первом издании книги «Авиационная астрономия» (Воениздат), написанной мной по заданию командования Aviации дальнего действия, я и сам применял устаревшие методы обучения штурманов основным вопросам сферической астрономии. Но практика показала отрицательные стороны этих методов. Их надо было срочно заменить новыми, более эффективными. Благодаря этому штурманы Aviации дальнего действия стали изучать вопросы сфери-

ческой астрономии с помощью хорошо им известной бортовой карты звездного неба. Правда, для разных географических широт следовало менять карты с различными вырезами «горизонта». Этот недостаток, свойственный всем смонтированным подвижным картам звездного неба, может заметно ощущаться при решении с помощью бортовых карт некоторых, даже несложных, задач сферической и практической астрономии. Однако он не имеет сколько-нибудь существенного значения при знакомстве с системами небесных координат — горизонтальной и экваториальной. А преимуществ по сравнению с моделью небесной сферы у бортовой карты звездного неба много. Прежде всего, отпадает необходимость в проволоочной модели небесной сферы («канареечной клетке», как ее прозвали остряки), на которой нет ни созвездий, ни даже самых ярких звезд.

В свое время штурманы морских кораблей, занимаясь астрономическими наблюдениями, пользовались небесными глобусами. Эти глобусы помогали решать некоторые несложные задачи мореходной астрономии с точностью до $0^{\circ},5$. Однако после издания новых таблиц надобность в небесных глобусах почти полностью отпала. Например, не требовалось с помощью глобуса подбирать пары звезд, наблюдения которых выгодно использовать для определения географических координат корабля в открытом море.

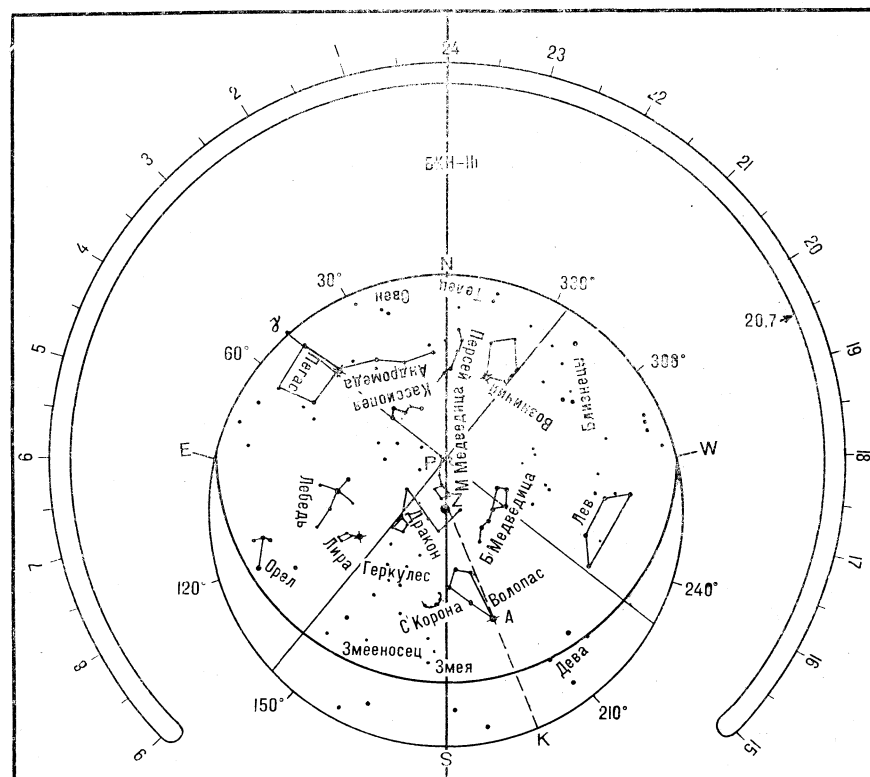
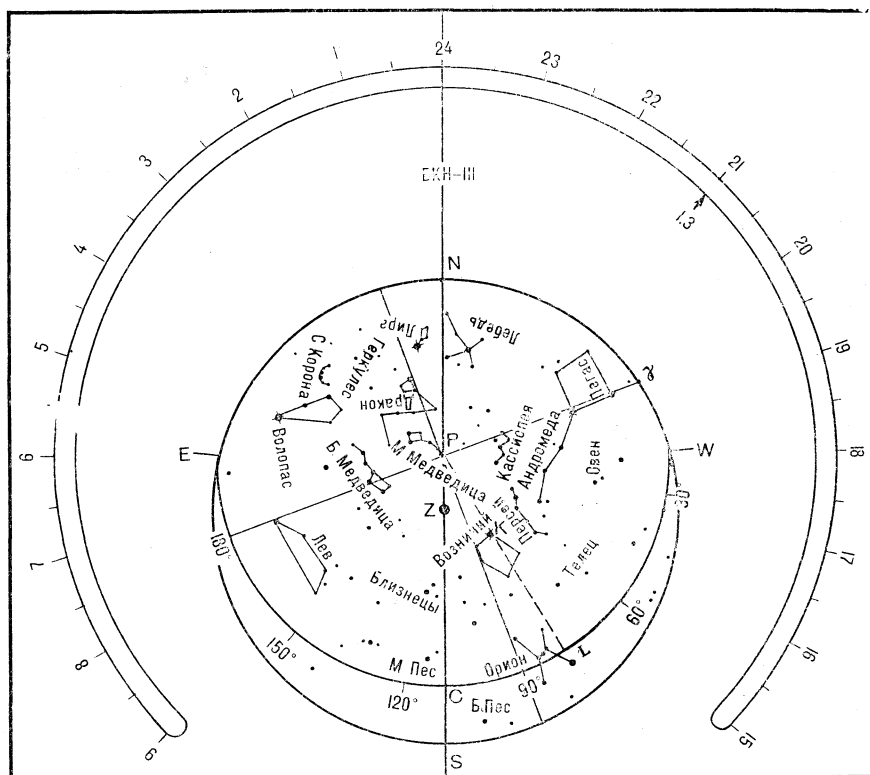
Но как же все-таки можно, пользуясь только картами звездного неба, правильно усвоить геометрический смысл горизонтальных и экватори-

альных координат светил — координат, без которых нельзя определить астрономическими средствами место самолета на географической карте? Отвечая на этот вопрос, можно было бы просто сослаться на второе, уже послевоенное издание упоминавшейся выше книги «Авиационная астрономия» или на учебное пособие «Самолетовождение», выпущенное в 1955 году. Их содержание основано на том огромном практическом опыте, который был получен штурманами самолетов в период войны. Значительно позднее в журнале «Физика в школе» (№ 2, 1960 г.) была опубликована моя небольшая статья «Преподавание вопросов сферической астрономии в средней школе», где также взамен небесной сферы предлагалась методика, основанная на использовании звездных карт. Отсылая читателей, заинтересовавшихся рассматриваемым вопросом, к указанным литературным источникам, я ограничусь в настоящей статье лишь тем, что расскажу, как мы знакомили штурманов с горизонтальными и экваториальными небесными координатами.

Об экваториальных небесных координатах — склонении и прямом восхождении — легко получить ясное представление, пользуясь любой

Отсчет часового угла и склонения Капеллы на бортовой карте звездного неба

Отсчет азимута и высоты Арктура на бортовой карте звездного неба





звездной картой, на которой можно производить отсчет этих координат. Для всех, кто изучал в школе физическую географию, привычен переход от изображения земной поверхности на глобусе к ее изображению на географической карте. Географическая широта и долгота на земной карте полностью соответствуют склонению и прямому восхождению на карте звездного неба. Иное дело — часовой угол. Для его моделирования нужна уже не любая звездная карта, а подвижная, например, имеющаяся у штурманов и летчиков бортовая карта (БКН). Годится и карта школьного типа, в несмонтированном виде прилагаемая к каждому школьному учебнику астрономии.

Бортовая карта звездного неба состоит из основания, вращающейся звездной карты и накладного листа с вырезом, изображающим «горизонт». На вращающейся звездной карте БКН-III (применяется для высоких широт от 62° до 72°) даны четыре круга склонений для прямых восхождений $0, 90, 180$ и 270° , из небесных параллелей только одна — небесный экватор, на котором нанесена через 10° шкала прямых восхождений; шкала склонений нанесена через 10° на двух кругах склонений. По краям подвижной части карты, которые видны сквозь вырез в накладном листе, проведены 365 делений с указанием дней года. На краях овального выреза, сделанного на накладном листе, имеется азимутальная шкала через 30° , а также риски, показывающие положение точек севера (азимут равен нулю), востока, юга и запада. Линии, проходящей через точки севера и юга и

соответствующей небесному меридиану, на карте нет; ее заменяет светлый шнурок с узелком, к которому привязан второй короткий шнур. Приведем подвижную часть карты в положение, указанное на верхнем рисунке (стр. 46), поместив узелок «небесного меридиана» в точку Р (полюс мира). Желая узнать часовой угол Капеллы, протянем второй шнурок (пунктир) через эту звезду (точка К). Часовой угол Капеллы будет измеряться дугой CL, а ее склонение — длиной отрезка LK (около 50°).

Переместив узелок «меридиана» в центр выреза БКН — в точку Z (зенит), можно пояснить смысл и произвести приближенный отсчет горизонтальных координат какой-либо звезды, например Арктура (точка А). Если протянуть короткий шнурок

через точку А, можно отсчитать северо-восточный азимут Арктура и его высоту (см. нижний рисунок на стр. 46). Следует иметь в виду, что с помощью БКН значения горизонтальных координат могут быть получены менее точно, чем экваториальных. Это объясняется тем, что проекции вертикалов звезд на плоскость звездной карты, параллельную плоскости небесного экватора, изображаются не прямыми, а кривыми линиями своеобразной формы.

Практика показала, что авиаштурманы успешно овладевали астрономическими методами самолетовождения без использования геометрической абстракции — небесной сферы. Мне кажется, что такой метод обучения следует смелее вводить и в общеобразовательную среднюю школу.

НЕ ЗАБУДЬТЕ ВОВРЕМЯ ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ НА ЖУРНАЛ «ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ» НА 1976 ГОД

Подписка принимается без ограничений во всех пунктах «Союзпечати», в отделениях связи, почтамтах и у распространителей печати. Обо всех случаях отказа в подписке просим сообщать в Центральную контору «Академкнига» по адресу: Москва, Центр, Большой Черкасский переулок, 2/10.

Подписная цена на год — 2 руб. 40 коп.
на полгода — 1 р. 20 коп.
Цена одного номера — 40 коп.



Доктор географических наук
В. М. КОТЛЯКОВ

Ледники Земли и их использование в будущем

ОЛЕДЕНЕЛАЯ ПЛАНЕТА

Представьте себе, что в нашей Солнечной системе совсем недалеко от Солнца движется планета, целиком покрытая льдом. И называется эта планета Земля. Фантастично? Да. Но возможно. Расчеты показывают, что при некоторых условиях ледники, раз образовавшись, способны разрастаться: они понижают окружающую температуру и повышают уровень своей поверхности, тем самым попадая в более высокие и более холодные слои атмосферы. Если бы образованию ледников ничто не препятствовало, они могли бы увеличить свою толщину до нескольких километров за счет воды из океанов. Постепенно все материки оказались бы подо льдом, температура на поверхности понизилась бы примерно до -90°C и органическая жизнь на Земле прекратилась. Если бы это случилось, Земля уже не вернулась бы в прошлое состояние. Такое оледенение нашей планеты было бы устойчиво.

К счастью, этого не случилось на протяжении всей геологической истории Земли, и нет оснований считать, что такое глобальное оледенение может произойти в будущем. Напротив, история Земли свидетельствует о том, что в прошлые геологические эпохи на земном шаре гораздо чаще господствовал ровный мягкий климат, с богатой растительностью и без ледников. Такое безледное состояние Земли также устойчиво.

И все-таки время от времени возникали условия, до сих пор еще окончательно не изученные, которые приводили к появлению ледников, скывающих почти всю землю в эпохи ве-

Полярные шапки нашей планеты и горные ледники активно участвуют в формировании природных условий на Земле.

ликих оледенений. Последнее такое оледенение называют четвертичным, так как большая часть его следов относится к четвертичному, антропогенному периоду геологической истории, длящемуся около одного миллиона лет. Исследования последних десятилетий «удревели» возраст антарктического оледенения до 5—7 млн. лет, а начатое в 1973 году бурение антарктического материкового шельфа с борта американского корабля «Гломар Челленджер» обнаружило следы ледников, существовавших в этой области Земли около 20 млн. лет назад.

Таким образом, громадный ледниковый панцирь Антарктиды, покрывающий южнополярный материк вот уже 20 млн. лет, а может быть и более, достигал максимальных размеров около 5 млн. лет назад и с тех пор сократился совсем ненамного. Есть данные о том, что и самый большой современный ледниковый щит северного полушария — гренландский — тоже достаточно древний, он образовался несколько миллионов лет назад.

Но хорошо известно, что на протяжении четвертичного периода в северной Европе и Северной Америке возникали обширные материковые ледниковые щиты. Они неоднократно сокращались и вновь разрастались, занимая большие площади Европейского и Северо-Американского континен-

тов. И хотя механизм этих ледниковых колебаний еще далеко не изучен, ясно, что главные его причины нужно искать на Земле, а не вне ее.

Человечество — ровесник великого четвертичного оледенения Земли. На заре своего рождения людям пришлось жить по соседству с ледниками. Прошло несколько сот тысяч лет, прежде чем человек принял свой современный облик. Становление человечества происходило в непрерывной борьбе с природными льдами. Эта борьба способствовала развитию человека. Ибо наступание ледников ухудшало климат и условия жизни древних людей, им приходилось привыкать к оседлому образу жизни, строить жилища, изобретать одежду, использовать огонь.

МЫ ЖИВЕМ В ЛЕДНИКОВЫЙ ПЕРИОД

Ледниковый период продолжается. Современная эпоха — это часть ледникового периода, поскольку отличие климата нашего времени от момента кульминации четвертичного оледенения относительно невелико. Средняя

Посадка вертолета в области питания одного из ледников Памира на высоте 4500 м над уровнем моря

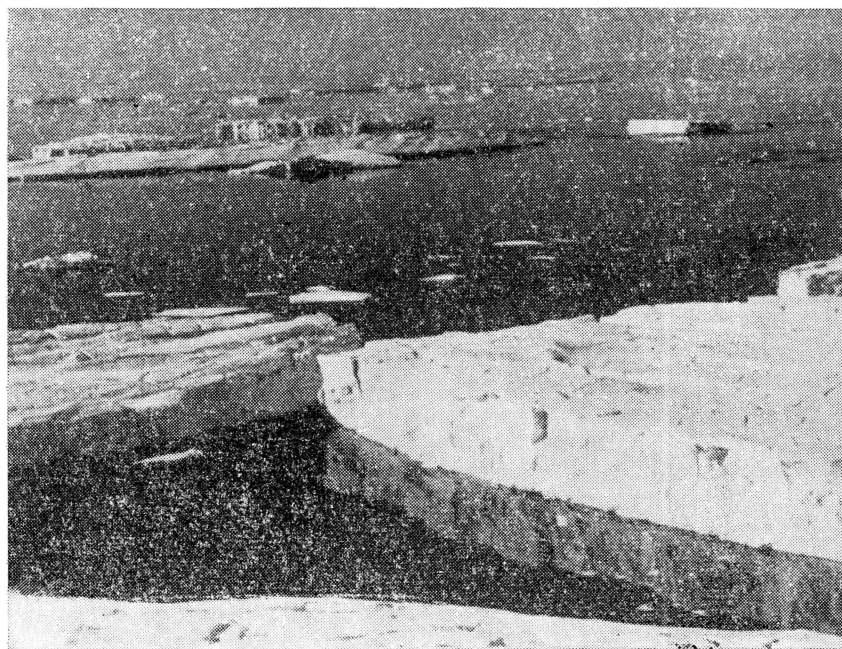
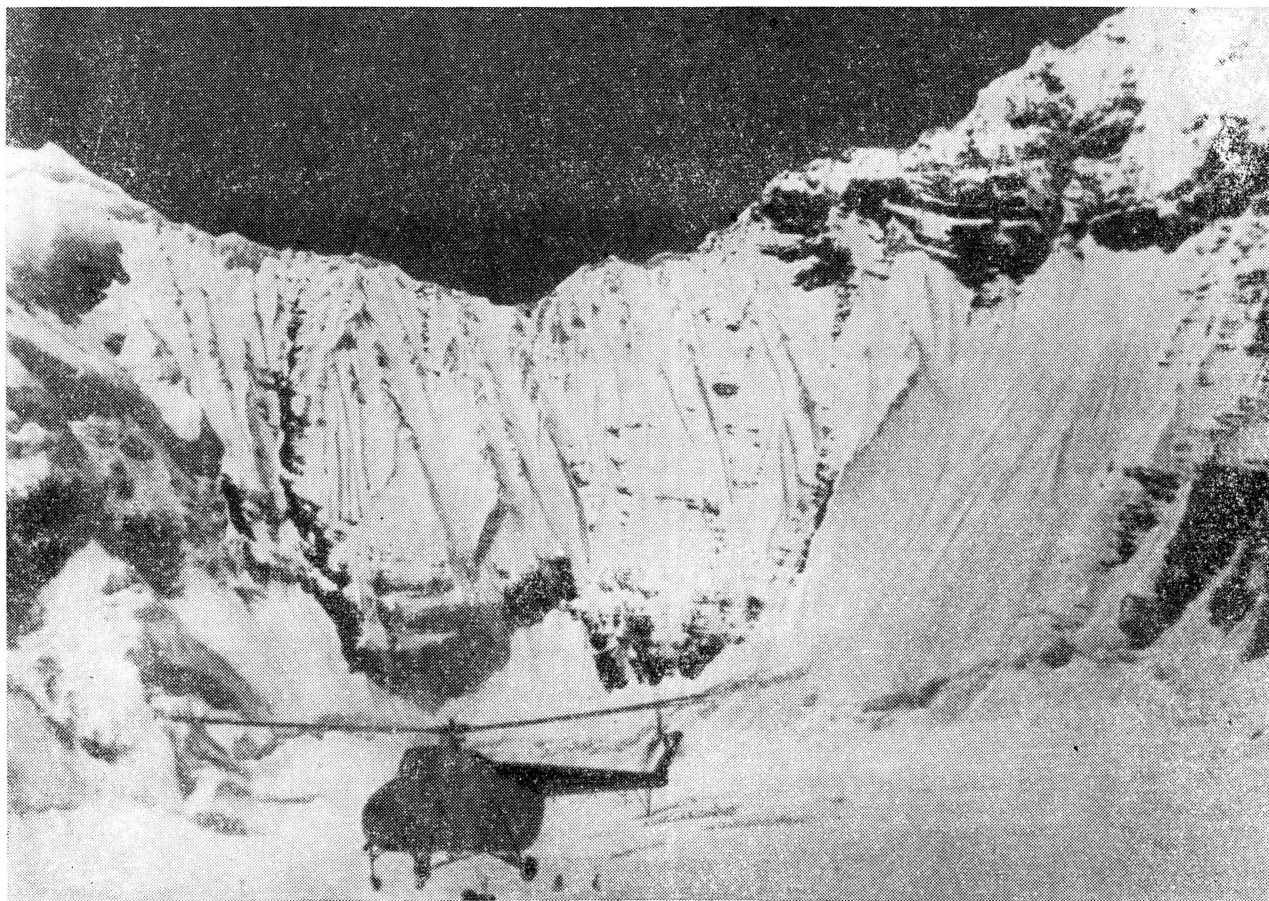
Фото А. Б. Бажева

Айсберги у берега Антарктиды

Фото В. Н. Виноградова

Фирновое поле ледника на южном склоне Эльбруса

Фото Г. И. Коноваловой





годовая температура на поверхности Земли в разгар ледникового периода, судя по палеогеографическим данным, была не более чем на 6° ниже современной, а снега на Земле выпадало не меньше, чем сейчас. Если теперь ледники покрывают около 11% всей поверхности суши, а снежный покров зимой и морские льды, соответственно, 25 и 13% всей площади северного и южного полушарий, то в максимальную фазу оледенения в плейстоцене ледники занимали, по-видимому, более 30% всей суши, а снежный покров распространялся на 35 и 24% площади каждого из полушарий. Как видите, разница значительная, но не ошеломляющая.

Льда на Земле много и сейчас — около 30 млн. км³. Это, прежде всего, ледники, а также морские, речные, озерные, атмосферные, подземные льды, айсберги и, наконец, снежный покров. Масса снега по сравнению с массой льда, заключенной в ледниках, невелика, но влияние территорий с сезонным и тем более с постоянным снежным покровом на климат всей нашей планеты огромно. Ведь отражающая способность снега в среднем за год выше среднего альбеда Земли. Кроме того, снежный покров способен излучать тепловую энергию, почти как абсолютно черное тело (различие между ними меньше 1%). В результате тепло, которым обладает снежный покров, быстро излучается в атмосферу. Вот почему вечно покрытые снегом и льдом полярные области и лежащие зимой под снегом пространства крупных материков сильно охлаждают Землю.

Особое охлаждающее влияние на климат Земли оказывает крупнейший

из современных ледниковых покровов — антарктический, в центре которого средние годовые температуры близки к -60° С. Это главная причина того, что южное полушарие холоднее северного. Но и в Арктике концентрируется много льда: гренландский ледниковый покров, морские льды Северного Ледовитого океана — они также охлаждают климат северного полушария.

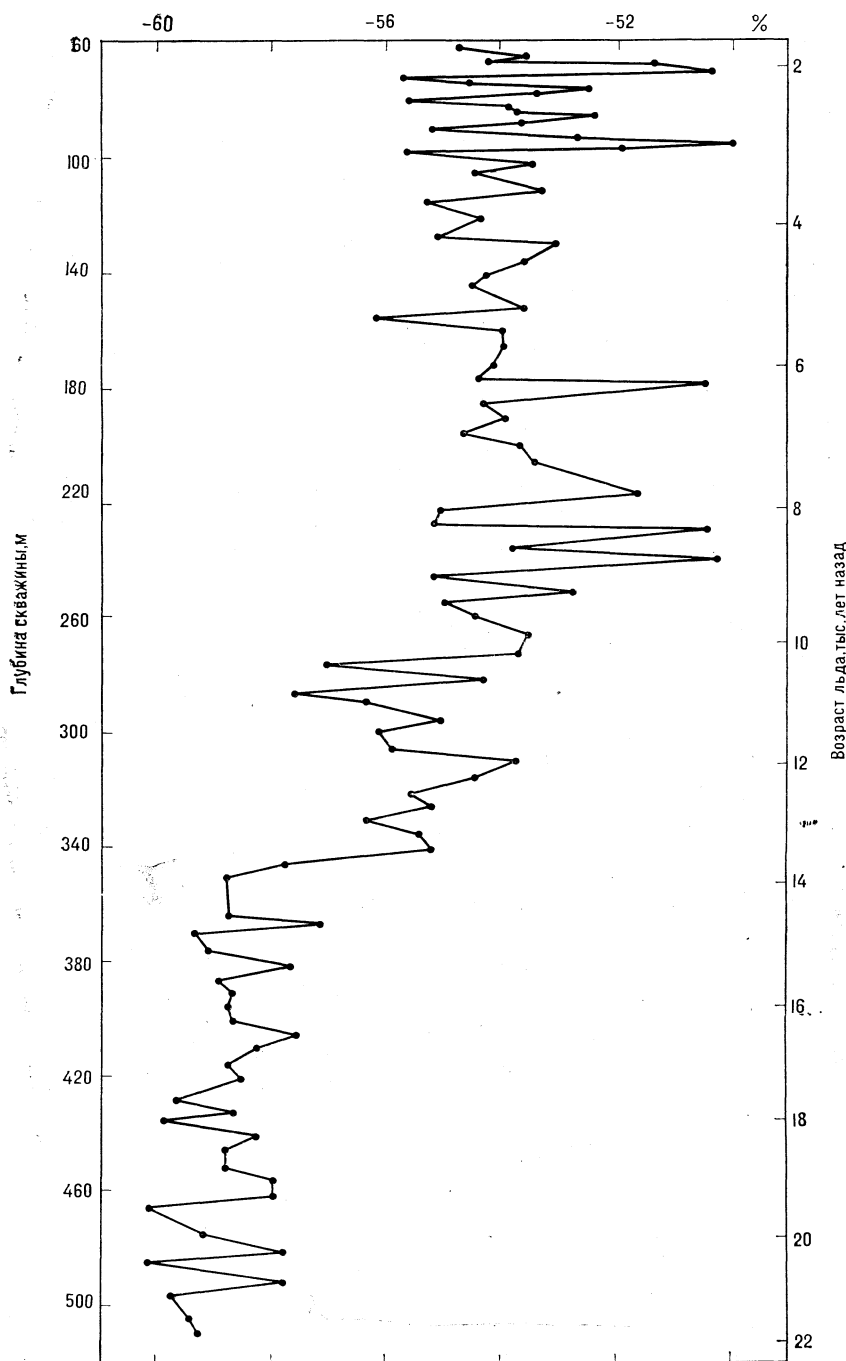
Совсем иной оказалась бы картина, если бы снежно-ледяного покрова во все не было. В этом случае приходившая солнечная энергия поглощалась бы водой или сухой, а температура в полярных областях отличалась бы от тропической гораздо меньше. Значит, не будь вокруг земных полюсов огромных массивов льда, Земля не имела бы привычного нам деления на природные зоны и весь климат нашей планеты был бы однообразнее. Именно так и было совсем недавно (в масштабе геологического времени) в неогеновом периоде.

Главная причина современной ярко выраженной географической зональности — распространение крупных массивов льда у полюсов. Они сами создают холод вокруг себя и не дают температуре подняться выше определенного предела. Снеговая линия, то есть уровень, на котором весь выпавший за зиму снег стает летом, в Центральной Арктике проходит всего в 200—300 м над уровнем моря. В Антарктике уже на $60-65^\circ$ ю. ш. эта линия расположена на уровне моря, а по отношению к более южным районам, то есть ко всей Антарктиде, можно сказать, что здесь снеговая линия проходит ниже уровня моря. Это следует понимать так: если бы уровень

Мирового океана понизился и море из этих районов отступило, на освободившейся площади неизбежно появились бы вечные снега и ледники.

Толща льда, достигающая в Антарктиде местами четырех и более километров, накопилась за десятки и сотни тысяч лет. Изучая ледяной керн, полученный из глубоких скважин, можно прочесть запечатленную в толще льда климатическую историю нашей планеты за длительное геологическое время. Вот почему сейчас одна из важных задач гляциологии — науки о природных льдах — заключается в бурении и исследовании скважин, пройденных на всю глубину ледникового покрова. В 1968 году американские ученые пробурили такую скважину в центральной части Западной Антарктиды, на станции Бёрд, и достигли ледникового ложа на глубине 2164 м. Подобную скважину сейчас бурят на советской станции Восток, ее глубина достигла 950 м. Можно предположить, что у основания ледникового покрова будет обнаружен лед, образовавшийся около 1 млн. лет назад.

А пока в ледяном керне до глубины 500 м из скважины на станции Восток исследовано соотношение изотопов кислорода O^{16} и O^{18} . Соотношение изотопов кислорода в атмосферных осадках и, следовательно, в отложенном льду зависит главным образом от температуры их образования: чем температура ниже, тем изотопный состав легче, то есть в снегу и льду изотопов O^{18} меньше. Это приводит к изменению содержания изотопов кислорода в ледяной толще, синхронному с сезонными, и более длительным изменениям темпера-



туры, что позволяет судить о прошлых колебаниях климата.

На основании результатов измерений соотношения изотопов кислорода O^{16} и O^{18} в скважине со станции Восток построен палеотемпературный профиль, охвативший последние 22 тыс. лет. На графике хорошо видно увеличение между 14 и 10 тыс. лет назад содержания изотопа O^{18} во льду примерно на 5‰, что соответствует повышению температуры на $5^{\circ}C$. Аналогичное потепление около 11 тыс. лет назад устанавливается и по ряду других данных. Например, в глубокой скважине, пробуренной во льду северо-западной Гренландии, скачок в содержании изотопов кислорода в то же время (11 тыс. лет назад) достиг 12‰. Превышение этой цифры над оценкой, полученной на станции Восток, объясняется тем, что температурный сдвиг в гренландской скважине лишь частично связан с потеплением

Изменение содержания изотопов кислорода O^{18} во льду до глубины 500 м из скважины на станции Восток в Антарктиде. По горизонтальной оси отложено содержание O^{18} в тысячных долях относительно международного стандарта, за который принята морская вода. По вертикальной оси справа — возраст льда (в тысячах лет до нашего времени), вычисленный на основе теоретического анализа модели растекания льда ледникового покрова Восточной Антарктиды. Среднее содержание изотопа O^{18} в верхней части толщи приблизительно до глубины 300 м составляет $-54,5\text{‰}$, а в нижней части толщи, начиная с глубины 370 м $-59,5\text{‰}$. Различие в 5‰ свидетельствует о повышении температуры в Центральной Антарктиде между 14 и 10 тыс. лет назад примерно на $5^{\circ}C$



климата. Разница же в 7‰ свидетельствует о том, что в период до 11 тыс. лет назад ледниковый покров Гренландии был на 1000—1200 м выше современного.

Таким образом, 10—14 тыс. лет назад ледниковый покров на Земле занимал значительно большие пространства, чем сейчас. Сокращение его до современных размеров было вызвано потеплением климата на земном шаре приблизительно на 5°С в обоих полярных районах. Но и в настоящее время ледники занимают значительные площади и «вмешиваются» в формирование природных условий планеты.

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ПАРАДОКС

Почти все крупные горные системы на земном шаре увенчиваются ледниками, причем часто ледниковые районы соседствуют с засушливыми предгорьями или низменностями, например, в Средней и Центральной Азии, Южной Америке и других местах. Совсем недавно господствовало мнение о том, что в горах континентальных областей снега мало и существование ледников, например, в Сибири невозможно. Гляциологические исследования за последние 15 лет опровергли эти представления. Теперь известно, что даже в самом центре Евразии, на высотах 2000—2500 м снега в 3—5 раз больше, чем в межгорных котловинах, расположенных на 1000 м ниже.

Многие годы исследователей озадачивал географический парадокс Средней Азии: откуда берется великое множество воды в среднеазиатских реках, пересекающих пустыню. Вода стекает с гор. Но откуда столь-

ко воды в горах? И вот совсем недавно установлено, что главный ареал снежности и водности в горах — это ледники, или, как говорят ученые, гляциально-нивальный пояс гор. Здесь выпадает в 5—15 раз больше твердых осадков, чем на прилегающих равнинах. Несколько меньше, но также велика эта разница и для годовых сумм осадков. Чтобы объяснить этот факт, потребовались косвенные расчеты и специальные наблюдения в областях питания среднеазиатских ледников, на высотах 4000—5000 м над уровнем моря. Гляциологические исследования были проведены на Памире в 1968—1973 годах. Искусные таджикские пилоты совершали посадки на вертолетах в фирновых бассейнах ледников, и там на головокружительных высотах гляциологи выполняли трудоемкие и сложные измерения.

В результате выяснилось, что Западный Памир на уровнях ледников получает 2000—2500 мм осадков в год, а Восточный Памир — около 1000 мм (известно, что по соседству, в котловине озера Каракуль за год выпадает менее 100 мм осадков). Значительно и таяние памирских ледников: на высотах 4000—4500 м за лето стает около 1500 мм. Таким образом, несмотря на свое внутриконтинентальное положение ледники Памира весьма активны и дают много воды. В этом и состоит разгадка географического парадокса. Подобная картина свойственна и другим горным районам Средней Азии и Казахстана.

ЗАПАСЫ ПРЕСНОЙ ВОДЫ НА ЗЕМЛЕ

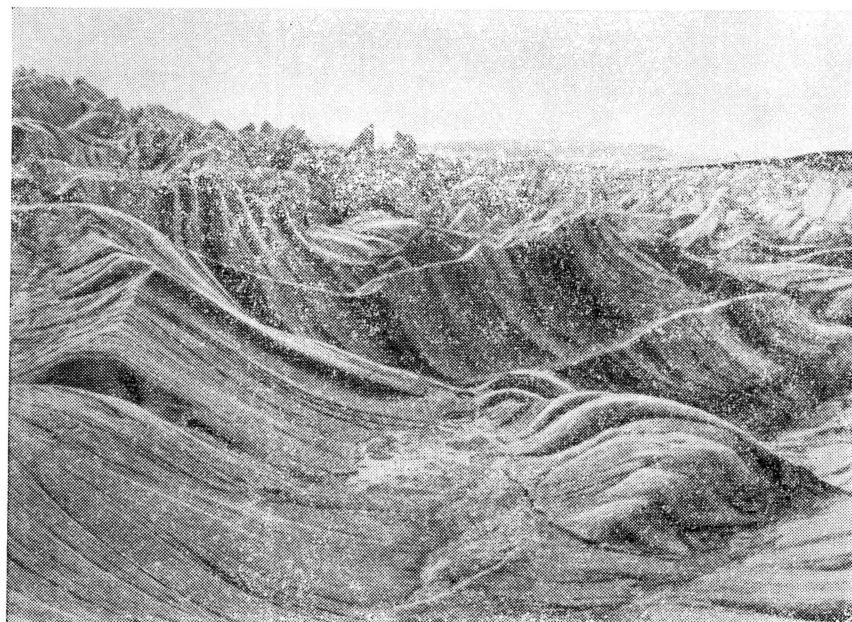
Огромные запасы твердой воды, накопленной в ледниках, по мере

усиления «водного голода» на планете неизбежно поставят проблему искусственного таяния ледников.

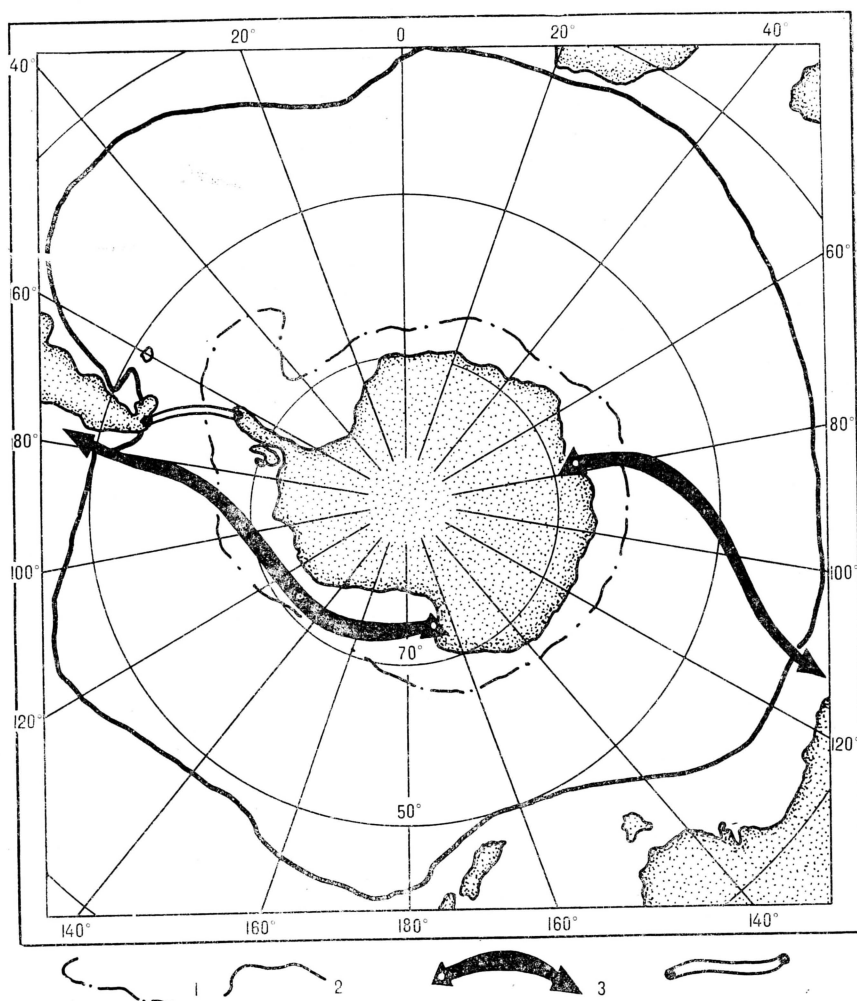
Воздействовать на таяние ледников можно путем зачернения их поверхности. Полевые и лабораторные эксперименты подтвердили, что такой путь получения дополнительной талой воды с ледников вполне возможен. Условия опытов меняли: чтобы усилить таяние, увлажняли пылинки, брали разные зачерняющие материалы (лучше всех оказалась каменноугольная пыль) — выясняли, как зависит эффект зачернения от погоды непосредственно перед и после опытов, а также от величины и расположения зачерненных участков. Для окончательного ответа на вопрос об эффективности этого метода в производственном масштабе потребуются опыты непосредственно на ледниках.

Не ясен ответ и на другой важный вопрос: как скажется усиление таяния ледников на их режиме и самом существовании? Можно лишь предполагать, что подобные воздействия на ледники не могут привести к их уничтожению. Во-первых, потому, что дополнительное стаивание некоторых запасов льда в областях питания или на языках ледников быстро восстанавливается в многоснежные годы и ледник стремится прийти в соответствие с современными климатическими условиями. А во-вторых, потребность в получении дополнительных количеств воды с помощью искусственного зачернения ледников не постоянна, она возникает лишь в отдельные, особо засушливые годы. Вместе с тем необходимо, чтобы разработка этих методов сопровождалась опытами по искусственному вызыванию твердых

осадков в областях питания ледников, ибо очень важно сохранять ледники как источник охлаждения нашей планеты. А это не так уж просто сделать в век быстрого роста энергетической мощи человечества и все большего выделения тепловой энергии в атмосферу Земли.



Другая немаловажная сторона заботы о ледниках — эстетическая. Именно ледники создают неповторимую красоту горных ландшафтов, привлекая массу туристов в горы, а трудности их покорения воспитывают в человеке лучшие моральные и физические качества. На этом пути перед нами стоит цель создания национальных ледниковых парков, в первую очередь на Кавказе, Тянь-Шане, Алтае, Памиро-Алае. В таких местах нужны хорошие дороги, нетрудные тропы, простые, но удобные гостиницы, стоянки, система познавательных мероприятий и научно-исследовательских станций биологического и гидрометеорологического профиля, а также служба предупреждения об опасных явлениях — лавинах, селях, камнепадах. Эту непростую работу надо вести уже сегодня, так как следует пом-



Поверхность ледника на Новой Земле
Фото А. Б. Бажова

Льды Антарктики и возможности их использования: 1 — положение снеговой линии на уровне моря, 2 — северная граница распространения айсбергов, 3 — возможные пути транспортировки айсбергов от берегов Антарктиды к Южной Америке и Австралии, 4 — направление трубопровода для перекачки пресной воды из Антарктиды в Южную Америку



нить, что национальные ледниковые парки — это музеи живой природы для нынешнего и будущего поколений.

Основная масса пресных льдов сосредоточена в полярных районах Земли, особенно в Антарктиде, там они лежат втуне, не используемые из-за трудностей разработки и доставки. Да и вообще антарктическая область пока еще не попала в сферу хозяйственной деятельности человечества, хотя рождается немало проектов ее эксплуатации.

Один из них — превращение антарктического ледникового покрова в «кладовую» отходов атомной промышленности. Эта весьма острая проблема уже обсуждается в международных организациях. В 1973 году мне пришлось участвовать в работе двух таких совещаний — бюро Международной комиссии снега и льда (май, Париж) и Координационного совета Международного антарктического гляциологического проекта (сентябрь, Ленинград). На них было признано крайне нежелательным в настоящее время захоронение этих отходов, так как имеющихся сведений о динамике ледникового покрова Антарктиды недостаточно для прогноза возможных последствий. Например, может произойти ускорение движения и таяния льда, что в свою очередь приведет к катастрофическому повышению уровня Мирового океана и, возможно, заражению этими отходами масс океанических вод. Очевидно следует усилить исследования динамики и термодинамики антарктического ледникового покрова, и только после получения надежных данных попытаться ответить на вопрос о целесообразности

захоронения в нем отходов атомной промышленности.

Сейчас известно, что с антарктического и гренландского ледниковых покровов непосредственно в Мировой океан ежегодно поступает 2500—3000 км³ воды, в том числе с Гренландии около 600 км³ и с Антарктиды 1900—2400 км³. Вместе это составляет 8% стока всех рек земного шара. Но основная часть стока с Антарктиды и Гренландии — это айсберги, которые прежде чем растаять, в течение нескольких лет (в среднем около шести) плавают по океану. В современную эпоху в южном полушарии айсберги распространяются до 45—55° ю. ш., а их общий объем в Мировом океане составляет около половины годового стока рек Земли.

Уже в недалеком будущем айсберги могут стать дополнительным источником пресной воды. Для этого их нужно транспортировать к берегам густонаселенных районов. Правда, на пути решения этой проблемы встанут технические трудности. Нужно еще придумать способы, как уберечь айсберги от таяния в пути и усилить таяние айсбергов у берегов. Может быть, транспортировке айсбергов помогут мощные океанические течения. А регулировать таяние и собирать талую воду удобно с помощью пластиковых пленок...

В качестве далекой, но реальной перспективы снабжения водой некоторых районов Южной Америки и Европы можно предположить создание систем, состоящих из мощных реакторов, предназначенных для растопления льдов на Антарктическом полуострове и в южной Гренландии, а также специальных трубопроводов для

ной в несколько сот километров, проложенных через прибрежные моря и проливы, для перекачки этих талых вод.

Подобные проекты сейчас кажутся фантастическими, но не за горами время, когда технические достижения позволят их осуществить, а все возрастающие потребности людей в пресной воде сделают их жизненно необходимыми. Задача гляциологии — создать научные основы для претворения в жизнь таких проектов, не допустить разрыва между нашими знаниями о самом обыкновенном веществе — природном льде (во всех его модификациях) и техническими возможностями преобразования и использования льдов на благо человечества.

ОКЕАНСКАЯ СТАТИСТИКА

Под руководством члена-корреспондента АН СССР А. С. Моница в 1973 году завершена статистическая обработка измерений температуры и солености поверхностных вод Атлантического, Индийского и Тихого океанов. Работа выполнена в Институте океанологии АН СССР. Получены интересные сравнительные характеристики для трех океанов.

Примерно пятую часть площади Мирового океана занимают воды высоких температур экваториально-тропического пояса (26—28° С) и около десятой ее части — холодные антарктические воды с температурой ниже 4° С. Самый теплый океан — Тихий (средняя температура 19,50° С), самый холодный — Индийский (17,53° С). Средняя температура Мирового океана — 18,75° С. Тем-



пература поверхностных вод распределяется сравнительно равномерно.

Иначе обстоит дело с соленостью. В Атлантическом и Индийском океанах кривая ее распределения (плотность вероятности солености) имеет два максимума: один для вод малой солености высоких широт, а другой — для вод повышенной солености экваториально-тропической зоны. На такой же кривой для Тихого океана — только один максимум, занимающий область промежуточных соленостей. Он соответствует экваториально-тропическим водам и водам умеренных широт южной части Тихого океана, то есть охватывает почти половину его площади. Средняя соленость Мирового океана 34,84‰. Самый соленый океан — Атлантический (35,19‰), наименее соленый — Индийский (34,58‰).

«Доклады АН СССР», 221, 1, 1975.

ЕЩЕ ОДНА ТЕПЛОВАЯ МАШИНА В ЗЕМНОМ АТМОСФЕРЕ

С позиции термодинамики неравномерно разогретую по горизонтали атмосферу можно рассматривать как тепловую машину, которая превращает тепловую энергию в кинетическую энергию ветра. В атмосферных тепловых машинах между нагревателем и холодильником происходит вертикальная циркуляция воздуха, направленная от нагревателя к холодильнику в верхней ветви и обратно — в нижней.

Академик В. В. Шулейкин открыл и исследовал четыре такие тепловые машины. Нагревателями и холодильниками в них являются соответственно экваториальные и полярные области — машины первого рода, океаны и материки зимой, материки и океаны летом — машины второго рода, стратосфера над материками и океанами — машины третьего рода, высокоширотные и тропические зоны стратосферы — машины четвер-

того рода (В. В. Шулейкин. Очерки по физике моря. 1962 г.).

Сотрудник Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга Н. С. Сидоренков, исследуя природу сезонной неравномерности вращения Земли, обнаружил еще одну тепловую машину, порождаемую различным нагревом атмосферы в летнем и зимнем полушариях, которые в данном случае играют роль нагревателя и холодильника. Здесь возникает типичная циркуляция воздуха: он течет вверх (в стратосфере) из летнего полушария в зимнее, а вниз — (в тропосфере) в обратном направлении — из зимнего полушария в летнее.

Циркуляция в атмосферных тепловых машинах не вполне симметрична, в результате чего происходит некоторое результирующее перемещение воздуха по всему слою, захваченному циркуляцией. Чтобы такая «междуполушарная» тепловая машина действовала, нужен дефицит массы воздуха в летнем полушарии и избыток его в зимнем, то есть сезонное перераспределение воздушных масс между полушариями (что и наблюдается в действительности). Автор показывает, что рассматриваемая тепловая машина вызывает сезонные вариации скорости вращения Земли определенного типа. Работа этой тепловой машины испытывает значительные медленные вариации от года к году, что, вероятно, позволит прогнозировать метеорологические, гидрологические и агрометеорологические условия (в масштабе всего полушария).

По мнению Н. С. Сидоренкова, междуполушарная тепловая машина присуща и атмосферам других планет.

«Доклады АН СССР», 221, 4, 1975.

НЕОБЫЧНЫЕ ВОЛНЫ ЗЫБИ

В марте 1973 года в районе Сочи были измерены крупные волны, высота которых временами достигала

предельного для прибрежной зоны значения, причем в эти же дни на кавказском побережье наблюдались преимущественно слабые ветры, а в районе измерений был штиль. Сначала предположили, что это волны зыби, зародившиеся в области шторма вдалеке от берега. Однако анализ синоптической обстановки показал, что над всей акваторией Черного моря не зарегистрировано скоростей ветра, которые могли бы породить такую зыбь.

Сотрудники Государственного океанографического института Г. В. Ржеплинский, Г. В. Матушевский и Л. А. Ещенко, исследовавшие это явление, предложили гипотезу, согласно которой причина генерации волн в данном случае заключается, по-видимому, в перемещении фронтальной зоны флуктуаций атмосферного давления над поверхностью моря. Действительно, практически одновременно с появлением крупных волн у берега через Сочи прошел холодный фронт, что вызвало скачок атмосферного давления.

Скорость прохождения фронта почти совпала со скоростью волн зыби, обрушившейся на сочинский берег. Это свидетельствует о возможности генерации волн резонансным механизмом. Флуктуации давления возбуждают на поверхности моря волны с определенными количественными характеристиками, зависящими от скорости перемещения этих флуктуаций.

Впервые по данным измерений установлено, что предсказанные теоретически волны резонансной генерации могут достигать столь больших размеров.

Волны «резонансной» зыби могут оказывать весьма сильное воздействие на суда и гидротехнические сооружения. Поэтому необходимы дальнейшие исследования «резонансной» зыби с целью разработки метода прогноза и расчета таких волн.

«Метеорология и гидрология», 3, 1975.



Кандидат физико-математических наук
Л. И. МАТВЕЕНКО

Радиоастрономы — лауреаты Нобелевской премии

XX век — век радиоэлектроники. Она «заполнила» все. Без нее невозможны ни современное производство, ни точнейшие научные исследования. Не обошлось без вмешательства радиоэлектроники и в астрономию.

В 1932 году американская фирма Белл поручила молодому инженеру Карлу Янскому изучить условия распространения радиоволн и дать рекомендации по внедрению радиотелефонной связи. Во время этих исследований Янский обнаружил характерные шипящие звуки, приходящие из космического пространства — «звуки Галактики». Они транслировались по всей Америке. Сенсационное открытие привлекло внимание американского радиолюбителя Грота Ребера. Он построил у себя дома 9,5-метровый параболический радиотелескоп и слушал шумы неба. Первые робкие шаги радиоастрономии остались не замечены и должным образом не оценены теми, кто прежде всего должен был ими заинтересоваться, — астрономами.

В годы второй мировой войны радиоастрономия совершенно неожиданно «напомнила» о себе. Английские офицеры противовоздушной обороны заметили, что вражеские самолеты, заходящие со стороны Солнца, очень трудно обнаружить даже на экране радиолокатора. Радиолокаторы «слепли» от каких-то мощных сигналов. Английские военные инженеры немедленно приступили к исследованию этих сигналов. Вначале думали, что на самолетах установлены специальные передатчики, создающие помехи. Но передатчиком радиосигналов оказалось само Солнце! Результаты исследований держались в стро-

1974-й год был знаменательным для астрономов. Впервые комитет по Нобелевским премиям присвоил звание лауреатов двум радиоастрономам — профессорам Мартину Райлу и Антони Хьюишу. До сих пор ни один астроном не был удостоен такой чести. В чем же заслуга этих двух представителей молодого направления древнейшей науки?

жайшем секрете, и только после войны они стали известны широкой научной общественности. Тогда же ряд военных радиоспециалистов решили применить свои знания в новом направлении — исследовании собственного радиоизлучения космических объектов.

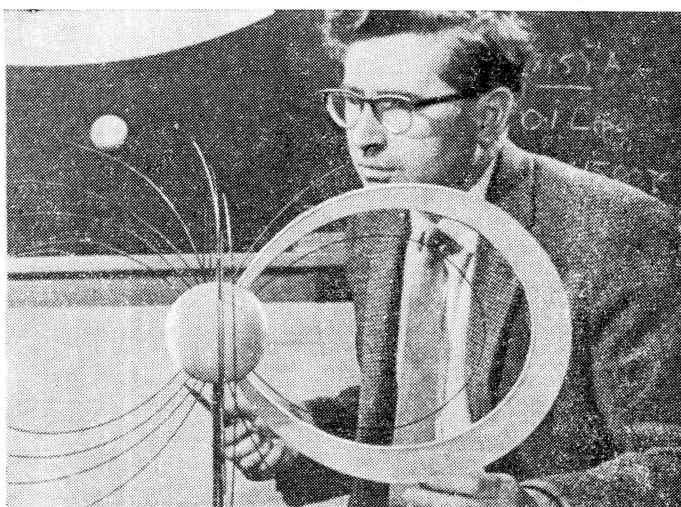
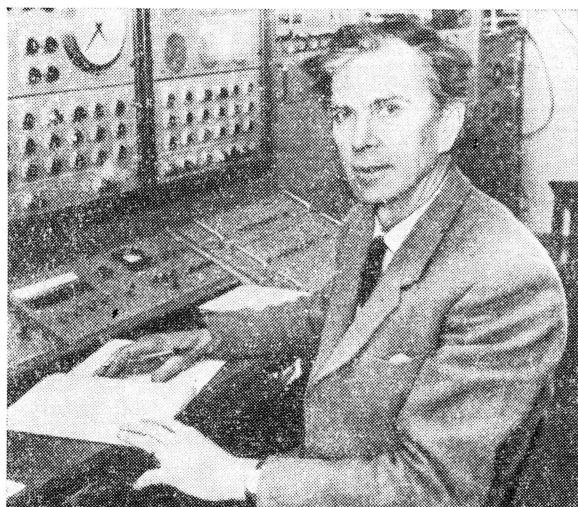
Несмотря на свою молодость, радиоастрономия существенно обогатила наши представления об окружающем мире. Достаточно вспомнить о таких выдающихся открытиях последних лет, как квазары, пульсары, реликтовое излучение, мазерные источники. Радиотелескопы помогли увидеть Вселенную в далеком прошлом. Перед нами, как в замедленном кино, развернулась картина формирования и эволюции галактик, развития звезд от момента зарождения до этапа умирания. Эта картина стала видимой благодаря необычайно высокой чувствительности и высокому угловому разрешению современных радиотелескопов. Инструменты и методы настолько совершенны, что позволяют «рассмотреть» космические объекты, удаленные на сотни миллионов и мил-

лиарды световых лет. Принимаемые радиоволны были излучены тогда, когда лишь образовывались ядра галактик...

ОТ «РАДИОПОМЕХ» К РАДИОФОТОГРАФИИ

Один из офицеров, разрабатывавший в годы войны новые радиолокационные средства обнаружения самолетов противника, Мартин Райл, заинтересовался радиопомехами, генерируемыми Солнцем. После окончания войны он организовал в Кембриджском университете радиоастрономическую обсерваторию. Прежде всего нужно было построить радиотелескоп с достаточно высоким угловым разрешением. Разрешение определяет минимальные угловые размеры источника или отдельных его частей, которые могут быть измерены данным инструментом. Чем больше размер телескопа и короче длина волны, тем четче виден изучаемый объект.

Длины волн, на которых начали работать радиоастрономы, в миллионы раз превышали оптические. Поэтому даже самые большие антенны не могли удовлетворить радиоастрономов. Чтобы приблизиться к угловому разрешению хотя бы невооруженного глаза, нужна была антенна размером в несколько километров! Построить такой радиотелескоп в те годы не представлялось возможным. Не хватало ни опыта, ни средств. Райл избирает иной путь. В 1946 году он совместно с коллегами создает специальный интерферометр и приступает к исследованию Солнца. И сразу же перед учеными возникает необычная картина — пятна на Солнце, но не темные, а не-



обычайно яркие. Именно они и были теми загадочными «передатчиками», которые помогали самолетам противника. Райл подробно изучает эти солнечные пятна, определяет их размеры и особенности радиоизлучения.

Что же представляет собой радиоинтерферометр? В простейшем случае это — две далеко разнесенные антенны, которые соединены высокочастотным кабелем. Сигналы, принятые ими, передаются по кабелю, складываются, усиливаются, детектируются и регистрируются самописцем. По мере движения исследуемого источника радиоизлучения по небу, на ленте самописца прочерчиваются в виде синусоиды интерференционные лепестки. По их величине и ширине рассчитывают угловой диаметр источника. Чем больше расстояние между антеннами, тем чаще лепестки, тем меньшие детали можно увидеть. Угловое разрешение интерферометра определяется не размерами антенн, а расстоянием между ними — длиной базы. От размеров антенн зависит чувствительность инструмента. Казалось бы, теперь все проблемы решены. В действительности положение несколько сложнее.

В 1952 году Райл разработал теорию радиоинтерферометрии и обосновал методику наблюдений — **метод апертурного синтеза**. Он показал, что для составления детальной картины радиоисточника интерференционным

методом необходимо провести наблюдения с базами разной длины и ориентации, то есть провести анализ изображения объекта в разных направлениях с разным угловым разрешением. Практически это достигается последовательным передвижением одной из антенн относительно другой в пределах некоторой площадки. Подвижная антенна занимает все точки площадки, как бы заполняя ее. Чем больше площадка, тем выше угловое разрешение, но, соответственно, требуется большее число передвижений и большее время для наблюдений. Полученные результаты затем обрабатывают и строят радиокарту. Точно такая же картина получается сразу на антенне, апертура которой равна площадке, занимаемой интерферометром. Таким образом, предложенный

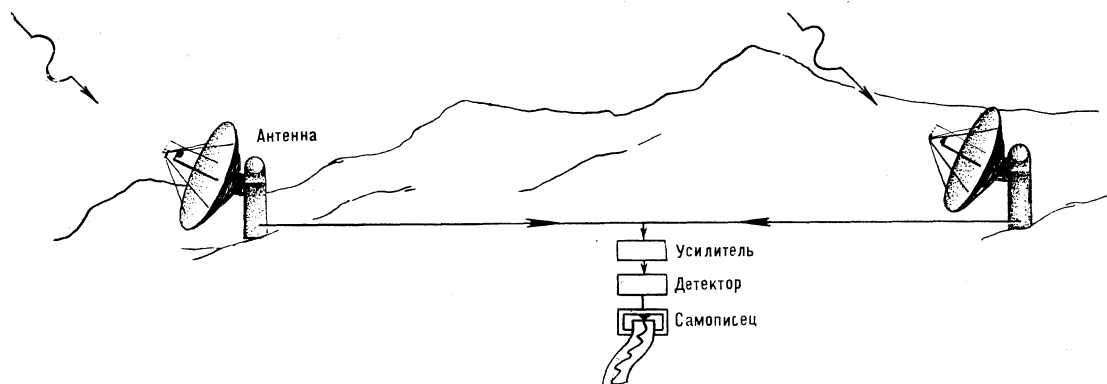
Райлом метод позволяет синтезировать антенну с большой площадью — большой апертурой.

Для наглядности метод апертурного синтеза можно представить следующим образом. Радиоизображение космического объекта, как и звуковой сигнал, состоит из отдельных гармоник — тонов, то есть синусоидальных колебаний определенной амплитуды и частоты. Только частоты радиоизображения — пространственные. Каждому распределению яркости соответствует строго определенный набор гармоник. Если эти гармоники сложить вместе, то получится радиоизображение объекта. Радиоинтерферометр как раз и измеряет пространственные гармоники. Он, подобно камертону, откликается на ту частоту, на которую настроен. Чем больше длина базы и короче длина волны, тем большую пространственную частоту он выделит. Меняя длину базы и ее ориентацию в пространстве, можно измерить все гармоники во всех направлениях, а по ним получить **радиофотографию** исследуемого источника.

В Кембридже создано несколько инструментов апертурного синтеза. Первым был построен одномильный радиотелескоп. Для повышения чувствительности и сокращения времени наблюдений он сконструирован в виде длинной узкой антенны, занимающей одну из сторон синтезируемой апертуры, и относительно небольшой

■ *Королевский астроном профессор Мартин Райл (Martin Ryle) за пультом управления радиотелескопом. Райл родился 27 сентября 1918 года. В 1971 году он был избран иностранным членом Академии наук СССР. Образование получил в колледже Бредфилд, Оксфорд*

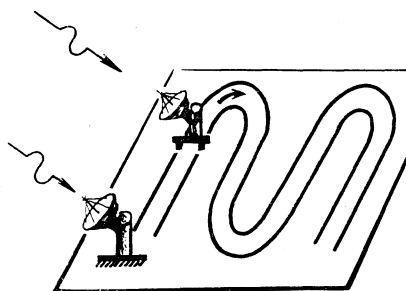
■ *Профессор Антони Хьюиш (Antony Hewish) с моделью нейтронной звезды — пульсаром. Хьюиш родился 11 мая 1924 года, образование получил в Кембридже*



подвижной антенны. Райл удачно использовал вращение Земли, поэтому ему приходится передвигать антенну лишь в одном направлении. На этом инструменте была получена радиофотография интереснейшего объекта — радиогалактики Лебедь А. Радиоволны испускают два компактных облака, выброшенных из ядра галактики.

На основе принципа Райла построено и строится большое количество инструментов на многих радиообсерваториях мира. Практически они работают во всем диапазоне частот — от дециметровых до миллиметровых включительно — и имеют самый разнообразный вид: кольца, креста, буквы «Т». В 1972 году в Кембридже вступил в строй один из наиболее совершенных инструментов этого типа — 5-километровый радиотелескоп. Он имеет четыре полноповоротные подвижные и четыре стационарные антенны. Его разрешение на волне 6 см около одной секунды, то есть примерно такое же, как и в оптике. В настоящее время радиотелескоп переоборудуется на более короткую волну — 2 см, что позволит достигнуть углового разрешения лучших оптических телескопов. На этом инструменте Райл начал работы по определению точного положения радиоисточников на небесной сфере — созданию фундаментальной системы координат. Уже сегодня точность измерений Райла выше, чем в классической астрометрии. А ведь это только первые шаги радиоастрометрии.

Совершенные инструменты позволили Райлу провести детальные исследования структуры радиогалактик («Земля и Вселенная», № 2, 1968 г., стр. 32—38.—Ред.). Оказалось, что



около 60% радиогалактик состоят из двух компонентов, расположенных симметрично относительно их ядер. Райл установил связь между размерами, яркостью и расстоянием компонентов от ядра. Он показал, что под действием необычайно активных взрывных процессов из ядер галактик эпизодически выбрасывается огромное количество вещества в двух противоположных направлениях, со

Схема радиоинтерферометра. Сигналы от источника космического радиоизлучения принимаются двумя антеннами, передаются по высокочастотному кабелю, складываются, усиливаются, детектируются и регистрируются самописцем в виде интерференционных лепестков

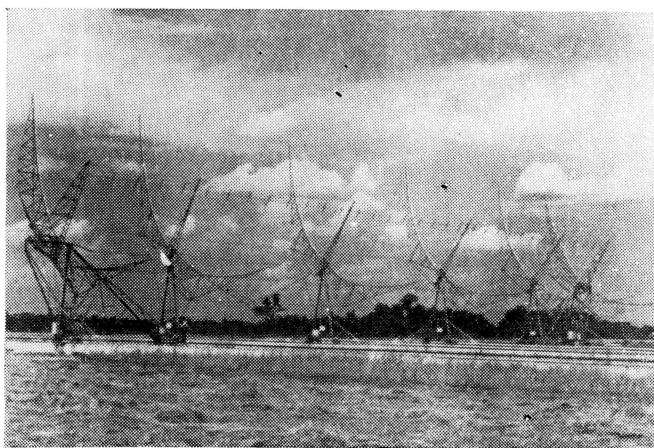
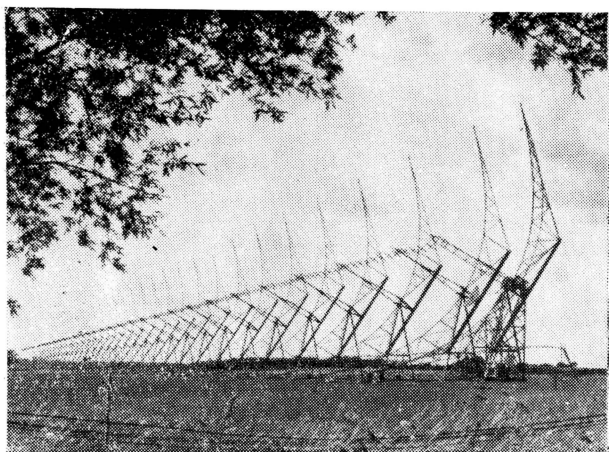
Схема апертурного синтеза. Одна из антенн радиоинтерферометра неподвижна, другая перемещается в пределах некоторой площадки, образуя базы разной длины и ориентации. Этому интерферометру эквивалентен радиотелескоп, размеры антенны которого равны данной площадке

скоростями, близкими к скорости света. Содержащиеся в этом веществе релятивистские электроны тормозятся в магнитном поле и излучают радиоволны, которые мы и наблюдаем. По мере разлета облака релятивистских частиц расширяются, а яркость их уменьшается. Взрывы могут повторяться, и тогда радиоисточник будет представлять собой цепочку облаков, размеры которых увеличиваются при удалении от центра, а яркость, наоборот, уменьшается.

В последние годы радиоинтерференционные методы были существенно развиты: базы интерферометров достигли межконтинентальных размеров и было получено предельное в условиях Земли угловое разрешение. Оно теперь настолько высокое, что можно исследовать тонкую и сверхтонкую структуру даже таких компактных объектов, как квазары, ядра радиогалактик и областей формирования звезд.

Современные радиоинтерферометры определяют относительное положение источников с точностью до одной тысячной секунды дуги. Это позволило измерить, насколько изменяется направление распространения радиоволн под действием гравитационного поля Солнца, таким образом еще одним способом проверить теорию относительности. Методом сверхдальней радиоинтерферометрии контролировалось движение астронавтов по лунной поверхности с точностью в несколько десятков сантиметров, и «фиксировался» их каждый шаг.

Недалек тот день, когда крупные радиотелескопы будут объединены в единый глобальный инструмент. А затем предстоит вывести один из теле-



скопов радиоинтерферометра на орбиту вокруг Земли. В этом есть прямая необходимость. Ряд объектов настолько мал, а процессы, протекающие в них, столь быстры, что требуются базы больше диаметра Земли, а синтез изображения должен осуществляться в течение нескольких дней. Такая задача под силу лишь космическому интерферометру. Радиотелескоп на орбите совместно с наземными антеннами даст необходимый набор баз разной длины и ориентации.

В результате длительной кропотливой работы в Кембридже под руководством Райла были созданы ставшие настольным пособием астрофизиков каталоги радиоисточников 2C, 3C и т. д. (C — начальная буква слова «Cambridge»). Они помогают отождествить радио- и оптические объекты, определить их основные характеристики. Уточнение и расширение каталогов продолжается.

На основании своих каталогов Райл в 1955 году приступил к проверке космологических моделей Вселенной. В зависимости от модели яркость одного и того же источника должна изменяться с расстоянием по различным законам. Наблюдая радиоисточники, находящиеся на разных расстояниях, можно сделать заключение о космологической модели. Чтобы провести такое исследование, достаточно подсчитать количество источников N в за-

висимости от величины их потока радиоизлучения S . Если бы источники не двигались, не менялись со временем и были бы равномерно распределены в пространстве, то выполнялось бы соотношение $N \sim S^{-3/2}$. В расширяющейся же модели Вселенной должно наблюдаться **меньше** источников при том же значении потока радиоизлучения.

Подсчеты радиоисточников, выполненные Райлом, привели к очень важным результатам. Экспериментальные точки отклоняются от зависимости $N \sim S^{-3/2}$, причем в противоположную сторону. Наблюдается больше источников при том же значении потока радиоизлучения. Это доказывает, что радиоисточники эволюционировали в прошлом. Раньше их было больше, или они были мощнее. Райл получил доказательство общей эволюции объектов в Метагалактике!

В то же время число очень слабых и, следовательно, далеких источников не растет столь быстро, как близких источников с большими потоками радиоизлучения. Это может быть свя-

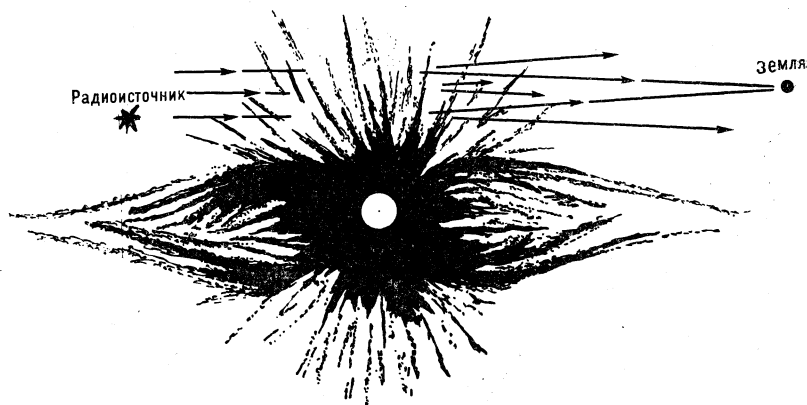
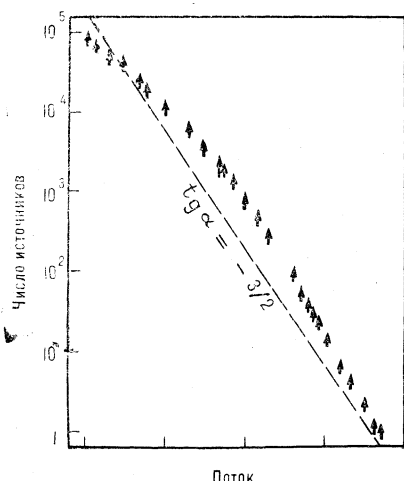
■ *Одномильный радиотелескоп Кембриджской радиоастрономической обсерватории. Вытянутая в виде длинной узкой полосы антенна занимает одну из сторон синтезируемой апертуры (левое фото). Небольших размеров вторая антенна передвигается вдоль другой стороны*

зано с начальным моментом развития Метагалактики, моментом формирования галактик, когда их общее число еще не достигло ожидаемого значения. Вероятно, в более далеком прошлом радиоисточников вообще не было. Все это согласуется с современными представлениями об эволюции расширяющейся Метагалактики, в которой галактики появляются на определенном этапе и эволюционируют.

Можно надеяться, что в ближайшие годы наши представления о Вселенной будут существенно дополнены и расширены. Ведь радиотелескопы обладают значительно большей чувствительностью, чем самые крупные оптические инструменты, и позволяют зарегистрировать радиоизлучение галактик на расстояниях, недоступных оптическим телескопам.

НОВЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ — НОВОЕ ОТКРЫТИЕ

В Кембридже, а затем и других радиоастрономических обсерваториях получило широкое развитие еще одно направление исследований — **метод мерцаний**. В 1950 году Райл и Хьюиш, наблюдая радиоисточник Лебедь А, обнаружили быстрые изменения сигнала. Детальные исследования показали, что переменность не связана с самим источником. Сигнал изменяется во время прохождения через облака ионизованного газа в земной ионо-



сфере. Радиоисточники мерцают, подобно звездам на неоднородностях в атмосфере. Совершенство метод мерцаний, Хьюиш сумел исследовать ионосферу, а затем солнечную корону и межпланетную среду.

Как для физики Солнца, так и для солнечно-земных связей очень важно знать распределение плотности материи в солнечной короне и околосолнечном пространстве, скорость ее движения, температуру и т. д. Солнечная корона — это разреженный ионизованный газ. Радиоволны, проходя через него, должны претерпевать изменения, аналогичные тем, что наблюдаются в земной ионосфере. При движении Земли вокруг Солнца наблюдатель видит сквозь корону различные участки неба. Если в этих местах окажутся радиоисточники, то с их помощью можно просвечивать корону на разных расстояниях от Солнца. Один из таких радиоисточников, к тому же наиболее сильный — Крабовидная туманность. Каждый год 16 июня Солнце приближается к ней. Крабовидная туманность имеет большие угловые размеры и поэтому не должна мерцать (подобно планетам). По мере приближения Солнца должны изменяться ее угловые размеры и положение. По этим изменениям можно рассчитать параметры среды.

В 1950 и 1951 годах в Кембридже наблюдалось покрытие Крабовидной

туманности солнечной короной. (Независимо аналогичные работы проводились в Советском Союзе профессором В. В. Виткевичем.) Однако исследователям не повезло: в эти годы Солнце было очень активным и сильно исказило записи. Зато результаты наблюдений в следующем году превзошли все ожидания. Солнечную корону удалось проследить до 15 солнечных радиусов, а в экваториальной области даже до 30. Была обнаружена лучевидная структура сверхкороны вблизи полюсов.

Дальнейшие просвечивания короны радиоастрономы проводили точечными источниками и по их мерцаниям изучали тонкую структуру околосолнечного пространства до 55 радиусов Солнца. Была установлена зависимость протяженности сверхкороны от солнечной активности, определена ее структура, обнаружены потоки сол-

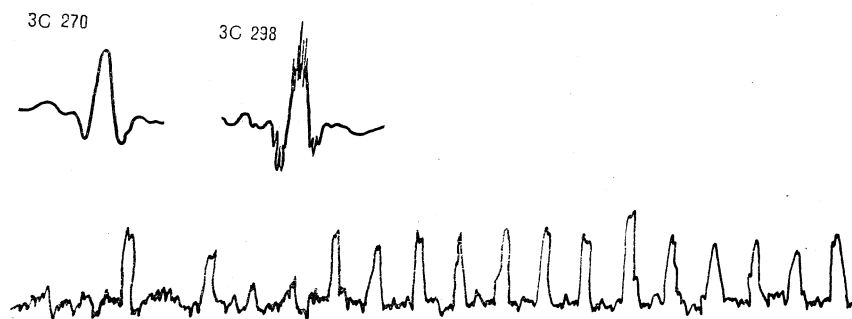
Зависимость количества источников от потока радиоизлучения S . В случае равномерного распределения источников во Вселенной их число $N \sim S^{-3/2}$. На графике, по осям которого отложены величины $\lg N$ и $\lg S$, эта зависимость имеет вид прямой линии с наклоном $-3/2$

Корона Солнца. Плазма, выбрасываемая Солнцем, движется вдоль магнитных силовых линий и образует лучевидную структуру. Сигнал от радиоисточника рассеивается плазменными облаками

нечной материи, движущиеся вдоль магнитных силовых трубок. Этот поток плазмы — солнечный ветер — обдувает Землю и заполняет межпланетное пространство.

Естественно стремление ученых глубже познать природу исследуемого явления. Вот почему Хьюиш совершенствует методику, создает новые чувствительные инструменты и аппаратуру. Он наблюдает все большее число источников, измеряет все более быстрые, составляющие лишь доли секунды, изменения интенсивности. Четче вырисовываются представления о солнечной короне и о ее влиянии на распространение радиоволн. Была установлена также зависимость величин мерцаний от размеров источников и углового расстояния до Солнца. Пользуясь этой зависимостью, удалось измерить угловые размеры многих объектов, в том числе и квазаров. Нужно отметить, что в то время еще не существовало сверхдальней радиоинтерферометрии (впервые применена в 1967 году) и метод мерцаний давал самое высокое разрешение в радиодиапазоне.

Целеустремленный упорный труд принес важные научные результаты — исследовано околосолнечное и межпланетное пространство, определены угловые размеры многих компактных радиоисточников. Но главное было еще впереди. Никто, даже Хьюиш, не



догадывался, что его ждет едва ли не самое замечательное астрономическое открытие XX века. Летом 1967 года аспирантка Хьюиша Джоселин Белл изучала записи наблюдений мерцаний, полученные на новом инструменте. Она обнаружила регулярно повторяющиеся через секунду импульсы. Они появлялись в строго определенное время звездных суток, поэтому объяснить их радиолокационными помехами не представлялось возможным. Эти импульсы приходили из Космоса. Позднее нашли и другие столь же необыкновенные радиоисточники. Из-за особенностей излучения их назвали пульсарами («Земля и Вселенная», № 2, 1971 г., стр. 19—27.— Ред.).

Весь ход экспериментальных работ Хьюиша, виртуозная методика наблюдений, новая более совершенная антенна — все это привело к открытию. Хьюиш создал инструмент, который «видел» пульсары. (Любопытно, что новый инструмент был построен «до-

машним» способом — студентами во время их летней практики — и потому получился очень дешевым.)

Пульсары оказались теми самыми нейтронными звездами, которые так долго искали астрофизики. Сейчас известно около 100 пульсаров. Свойства их различны, но одна особенность — импульсное излучение — выделяет их из всех космических объектов. Повторяемость импульсов удивительно постоянна. Изменение периодичности, связанное с эволюцией нейтронных звезд, может быть замечено только атомными часами.

Метод мерцаний достиг такого совершенства, что, применяя его, радиоастрономы не только изучают межзвездную среду, но и предпринимают попытки измерить угловые размеры пульсаров, которые, как следует из теории, не превышают 10^{-8} секунды дуги.

Необычайная чувствительность современных радиотелескопов и радиометодов, их высокое угловое разрешение меняют отношения между радиоастрономией и традиционной оптической астрономией. Все чаще радиоастрономы определяют направление и объекты оптических исследований.

Присуждение Нобелевской премии двум ведущим специалистам Кембриджской обсерватории — это также признание заслуг самой обсерватории, которая стала выдающимся радиоастрономическим центром.

ДОЗА РАДИАЦИИ БЛИЗ ЮПИТЕРА

Самая большая планета Солнечной системы окружена мощными поясами радиации. Говоря об опасности, которую представляют для живого организма высокоэнергичные частицы, содержащиеся в этих поясах, ученые обычно не скупятся на эпитет «смертельная». Но вот недавно американские биофизики М. Миллер, Дж. Кофман и Г. Мейлли подсчитали дозу радиации, которую мог бы получить любой живой организм, если бы он находился на борту «Пионера-10», когда аппарат приблизился к Юпитеру в декабре 1973 года. Их расчеты основаны на переданных «Пионером-10» данных о потоках частиц, измеренных семью детекторами электронов и восемью детекторами протонов.

Доза радиации на внешней стенке аппарата составляла $4,9 \cdot 10^5$ рад от электронов и $2,9 \cdot 10^6$ рад от протонов. (Один рад соответствует поглощению 100 эрг энергии одним граммом облученного вещества.) Этой дозы достаточно, чтобы убить 99,9% споровых бактерий и почти все неспоровые формы на поверхности аппарата. Внутри «Пионера-10» радиационная доза была от $2,8 \cdot 10^5$ до $5 \cdot 10^5$ рад. Почти для всех высших форм жизни — таких, как семена, растения, морские водоросли, черви, насекомые — радиационная доза внутри «Пионера-10» выше смертельной, а для человека и других млекопитающих — значительно превосходит смертельный уровень. Таким образом, радиационные поясы Юпитера, действительно, представляют крайнюю опасность для полета человека.

«Sky and Telescope», 49, 5, 1975.

Мерцания радиоисточника на неоднородностях межпланетной среды. Радиоисточник ЗС 270 имеет большие угловые размеры и потому не мерцает. Радиоисточник ЗС 298 с малыми угловыми размерами мерцает

Запись излучения первого пульсара CP 1919 на частоте 81,5 Мгц. Период повторения импульсов равен 1,33781109 секунды



В. В. РЫЧКОВ

М. В. Певцов — выдающийся исследователь Центральной Азии

Географы причисляют М. В. Певцова к своей плеяде, но надо признать, что разработанный им классический способ определения географической широты места по наблюдению двух звезд на равных высотах — «Параллель Певцова» позволяет называть Певцова и астрономом, и геодезистом. Топографическая съемка местности в трех экспедициях, астрономические наблюдения, на основе которых с большой точностью определялись географические координаты многих пунктов в Монголии и Китае, убедительно свидетельствуют о хорошей геодезической подготовке М. В. Певцова.

Михаил Васильевич Певцов родился в 1843 году в Новгородской губернии. В семь лет он остался сиротой. Один из родственников взял его на попечение, но из-за трудного материального положения не смог дать ему образования. Несколько лет Певцов посещал как вольнослушатель первую Петербургскую гимназию и после окончания гимназии поступил в Воронежское юнкерское училище, где отлично успевал по всем предметам, но особенно по истории, географии и математике.

Девятнадцатилетним юношей М. В. Певцов успешно окончил училище. Двадцати четырех лет он — член Русского географического общества, а спустя год оставляет Томский полк (город Тула), куда был назначен по окончании училища, и в 1868 году поступает в Академию Генерального штаба.

М. В. Певцов вновь в Петербурге. Пользуясь библиотекой и музеем Петербургского университета, он с увлечением изучает естественные науки,



а в Пулковской обсерватории детально знакомится с астрономическими приборами и приемами наблюдений небесных светил. После окончания Академии Генерального штаба (1872 г.) М. В. Певцов продолжает военную службу в Семипалатинской области, где изучает казахский язык и занимается этнографическими исследованиями. В 1875 году М. В. Певцова переводят в Омск помощником старшего адъютанта Западно-Сибирского военного округа.

В Омске М. В. Певцов читает географию в Сибирской военной гимназии и пишет учебник «Начальные основания математической и физической географии». (Напечатан был в

Петербурге лишь в 1881 г. тиражом 500 экз.)

Педагогическая деятельность М. В. Певцова продолжалась недолго. Весной 1876 года капитан М. В. Певцов во главе сотни казаков отправляется в свою первую экспедицию, организованную для охраны хлебного транспорта, следовавшего из Зайсана через Джунгарию к городу Гучену. Маршрут (более 900 км) проходил через высокие перевалы и огромные безводные пространства восточной Джунгарии, на котором М. В. Певцов с топографом Скопиным провели топографическую съемку. Отчет М. В. Певцова «Путевые очерки Джунгарии» был опубликован в 1879 году в первой книге «Записок Западно-Сибирского отдела Русского географического общества» (Омск). Русское географическое общество за этот труд наградило М. В. Певцова Малой золотой медалью.

На основании этой маршрутной съемки и учитывая предшествующую топографическую изученность, путешествия Федора Байкова (1654 г.), Э. Матусовского (1871 г.), Ю. С. Сосновского (1872 г.), М. В. Певцов составил карту Джунгарии. Привезенные им из первой экспедиции ботанические и зоологические коллекции знакомили с тысячей видов различного рода растений, 123 видами птиц и 34 видами млекопитающих. В результате личных наблюдений и опросных данных были получены сведения о климате Джунгарии.

Летом 1878 года бийские купцы собирались отправить большой караван с грузом маральных рогов (панты) из города Кобдо (Западная Монголия) в город Гуйсуй (Китай). Маршрут кара-

■
М. В. Певцов (1843—1902)

вана проходил по местам, ни разу еще не посещенным европейцами. Географическое общество решило отправить с этим караваном опытного исследователя, географа и геодезиста. Выбор пал, по рекомендации П. П. Семенова-Тян-Шанского, на М. В. Певцова. В начале августа М. В. Певцов, топографы Скопин, Чуклин и шесть забайкальских казаков, знавших монгольский язык, вышли из станицы Алтайской Усть-Каменогорского уезда и направились в Кобдо, где присоединились к торговому каравану И. П. Котельникова.

Вторая певцовская экспедиция продолжалась почти год. Несмотря на трудности пути (пересечение пустыни Гоби), экспедиция вернулась с огромным научным материалом. Были определены размеры Хангайского хребта и установлено, что он не имеет связи с Монгольским Алтаем. Многие реки Монголии, оказывается, берут с него свое начало. Были получены новые данные по орографии пустыни Гоби. Собрана зоологическая коллекция, включающая 100 видов птиц, 20 видов млекопитающих и 20 видов рыб, змей и ящеров. Составлен гербарий из 300 видов монгольской флоры и около 150 видов растений русского Алтая. Собрано до 200 видов образцов горных пород. М. В. Певцов обратил внимание на резкую разницу ландшафтов монгольского и русского Алтая и первый правильно объяснил это явление. Певцов открыл фауну Хангая и «долины Гобийских озер», собрал этнографический материал о различных монгольских племенах и первый дал правильную транскрипцию монгольских названий.



В 1881 году он закончил отчет об экспедиции, а спустя два года вышел пятый номер «Записок Западно-Сибирского отдела Русского географического общества», где были опубликованы «Очерки путешествия по Монголии и северным провинциям Внутреннего Китая». Труд этот окончательно закрепил за М. В. Певцовым репутацию талантливого и добросовестного исследователя. Русское географическое общество вновь наградило его одной из своих высших наград — медалью Литке.

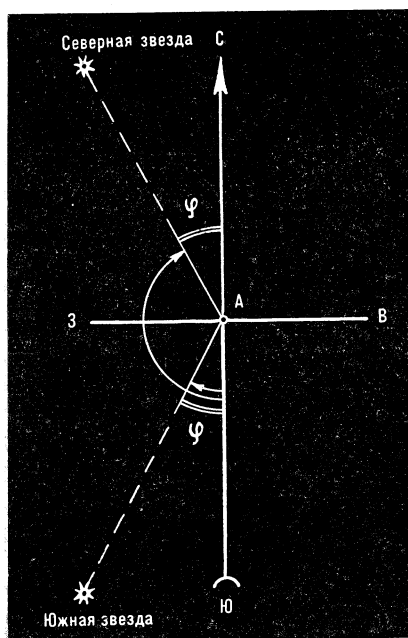
После возвращения из Монголии М. В. Певцов еще более семи лет прожил в Омске. За это время он систематически проводил различные астрономические наблюдения и окончательно разработал получивший мировую известность «Способ Певцова» для определения географической широты места. В 1888 году описание способа с приложением звездной карты было опубликовано. Применение этого способа не требовало сложных и

тяжелых астрономических приборов — достаточно было легкого и простого теодолита.

Долгое время было неизвестно место, где находился астрономический пункт, на котором М. В. Певцов в 1884—1885 годах применял свой способ. И вот в 1957 году Н. А. Никулин по старым планам города и географической широте астрономического пункта, приведенной в работе М. В. Певцова, отыскал дом, где жил и работал М. В. Певцов. Сын хозяина дома Николай Ильич Козьмин и дочь Александра Ильинична Бутина показали место, где стоял деревянный столб, на котором Певцов устанавливал инструменты. Н. И. Козьмин вспоминал, как знатный квартирант помогал ему заниматься математикой. Удалось установить и дом Быкова, в котором М. В. Певцов жил в 1887 году. И тот и другой дом находились в Гражданском переулке — ныне улица М. В. Певцова. (В настоящее время дома эти снесены.)

М. В. Певцов вписал славные страницы в летопись Омска, вложил много труда в организацию Западно-Сибирского отдела Русского географического общества. По его инициативе при отделе был создан музей (ныне областной краеведческий музей). Он первый пожертвовал музею свою

■
Историческое здание в Омске (постройка 1859—1862 гг.): до революции — губернаторский дворец, в первые годы Советской власти — Дом Республики, а с 18 апреля 1923 года — Омский областной краеведческий музей



коллекцию горных пород Западной Сибири.

В 1888 году, после смерти Н. М. Пржевальского, М. В. Певцов возглавил задуманную Пржевальским Тибетскую экспедицию в Кашгарию (Восточный Туркестан), Куньлунь и Северный Тибет. М. В. Певцов с участниками экспедиции (В. И. Роборовский, П. К. Козлов, геолог К. И. Богданович и др.) прошел более 10 000 км по неисследованной области. Это были первые европейцы, получившие правильные сведения о пустыне северо-западного Тибета. На обратном пути в центре Азиатского материка была открыта Турфанская впадина, лежащая ниже уровня моря.

В. И. Роборовский (1856—1910) и П. К. Козлов (1863—1935) за время пребывания в экспедиции получили серьезную подготовку в проведении астрономо-геодезических работ и этнографических исследований. Участвуя в экспедициях Н. М. Пржевальского и М. В. Певцова, они стали выдающимися исследователями, прославившими русскую географическую науку. К. И. Богданович (1864—1947)—

Схема расположения двух звезд при определении географической широты места по способу М. В. Певцова

польский геолог, который после «закалки» в экспедиции М. В. Певцова большую часть жизни работал в России, в 1919 году переехал в Польшу, где был профессором Краковской горной академии. Последние годы возглавлял геологическую службу Польской Народной Республики.

По результатам Тибетской экспедиции была составлена карта Восточного Туркестана и северной окраины Тибета. Карта эта долгое время оставалась самой полной в мировой картографии.

М. В. Певцов занимался исследованием многих вопросов из области астрономии. В 1901 году в «Известиях Русского географического общества» была помещена его статья «Сокращенный способ предвычисления покрытий неподвижных звезд Луной и солнечных затмений для данных мест». Это был последний опубликованный труд исследователя.

25 февраля 1902 года М. В. Певцов скончался. Газета «Новое время» в 1902 году писала: «25 февраля в 9 часов утра в Петербурге скончался генерал-майор Михаил Васильевич Певцов. Ни телеграф, ни телефон не сообщили об этом, а между тем в лице покойного сошел в могилу один из известнейших исследователей Центральной Азии, совершивший ряд экспедиций в Джунгарию, Монголию, Восточный Туркестан, горную окраину северного Тибета и оставивший по себе ряд почтенных трудов по землеведению Азии и по географии вообще».

Именем М. В. Певцова назван ледник Монгольского Алтая. Труды М. В. Певцова вошли в сокровищницу классических произведений русской и мировой географической литературы.

ТЕЧЕНИЕ ТАРЕЕВА

В 1959—1960 годах, в 31-м рейсе советского научно-исследовательского судна «Витязь» в Индийском океане под западным Муссонным течением вдоль экватора был обнаружен поток противоположного восточного направления. Это подтвердилось в последующие годы советскими и иностранными океанологами. В 1973—1974 годах Институт океанологии Академии наук СССР провел в 55-м рейсе «Витязя» более детальные инструментальные измерения течений. Найдено, что для глубинных слоев Экваториального противотечения характерно несколько ядер максимумов скорости. Одним из них, расположенным в плоскости экватора на глубине от 100 м на западе до 300 м на востоке, оказалось подповерхностное Экваториальное противотечение, похожее на течения Кромвелла в Тихом и Ломоносова в Атлантическом океанах.

Учитывая право первооткрывателей, президиум Академии наук СССР присвоил этому течению наименование «Течение Тареева» в память о советском ученом Б. А. Тарееве, одном из исследователей Экваториальных течений Индийского океана. Течение Тареева расположено между 1° ю. ш. и 1° с. ш. Его средняя суточная скорость достигает максимального значения 60—70 см/сек в центральной части океана, в районе пролива между Мальдивскими островами и архипелагом Чагос, уменьшаясь к западу и востоку до 30—40 см/сек. Как и глубинные течения Кромвелла и Ломоносова, течение Тареева не изолировано, а сливается с общим восточным экваториальным потоком, идущим через весь океан. Однако в летний сезон оно поднимается до поверхностного восточного течения, вызванного юго-западным муссоном.

«Доклады АН СССР», 220, 6, 1975.

ЮБИЛЕЙ

А. А. ШТЕРНФЕЛЬДА

13 мая 1975 года в Московском планетарии было торжественно отмечено семидесятилетие известного советского ученого и популяризатора науки Ари Абрамовича Штернфельда.

Закончив в 1927 году Нансйский университет (Франция) и получив диплом инженера-механика, А. А. Штернфельд посвятил себя исследованиям в области теории космических полетов.

В декабре 1933 года научное собрание Астрономической обсерватории Варшавского университета впервые услышало доклад двадцативосьмилетнего ученого. Затем последовали выступления в Париже (Сорбонна), во Французской академии наук. В июне 1934 года А. А. Штернфельду была присуждена Международная премия по астронавтике.

В 1935 году А. А. Штернфельд переезжает в Советский Союз и отдает все свои знания Родине социализма. Здесь в 1937 году выходит в свет важнейший труд ученого «Введение в космонавтику» («Земля и Вселенная», № 2, 1975 г., стр. 92.—*Ред.*). В приложении ко второму изданию этой книги опубликован список печатных трудов А. А. Штернфельда, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, почетного доктора технических наук Академии наук СССР, доктора физико-математических наук Нансйского университета, Почетного члена Академии и общества наук Лотарингии, лауреата международных премий по астронавтике (1933 и 1962 гг.), Почетного гражданина польского города Серадз (родины юбиляра).

На юбилейном собрании были зачитаны десятки приветственных адресов, с которыми выступили представители различных научно-исследовательских организаций, институтов, научных обществ. От имени Чрезвычайного и полномочного посла Польской Народной Республики



товарища Зенона Новака юбиляра приветствовал советник Польского посольства Влодзимеж Восковский. Трогательным было выступление гостя из Польши Хенрыка Рембы, который привез от рабочей Лодзи наилучшие поздравления своему «великому земляку».

«Друзья и товарищи по совместной работе, летчики-космонавты СССР,— писали в приветственном адресе академик В. П. Глушко, член-корреспондент АН СССР К. Д. Бушуев, член-корреспондент АН СССР В. П. Раушенбах, летчик-космонавт СССР, доктор технических наук К. П. Феоктистов, летчик-космонавт СССР, доктор технических наук А. С. Елисеев, летчик-космонавт СССР Г. М. Греcko,— искренне и сердечно поздравляют Вас, пионера космонавти-

ки, талантливого советского ученого, автора научных и многочисленных научно-популярных трудов по космонавтике, с семидесятилетием со дня рождения...

...Ваши поиски энергетически наиболее выгоднейших траекторий полета явились значительным вкладом в развитие космонавтики. «Введение в космонавтику» (1937 и 1974 гг.), «Искусственные спутники Земли» (1956, 1958 гг.) — книги глубоких знаний, с помощью которых многие входили в космонавтику, изданы более чем 80 раз на 36 языках в 39 странах Европы, Азии, Африки, Северной и Южной Америки, Австралии. Ваша научная деятельность получила высокую оценку в нашей стране и за рубежом».

Еще не по всем траекториям, рассчитанным А. А. Штернфельдом, полетели космические аппараты, по многим им еще предстоит пройти.

Фото автора
А. А. ЩЕРБАКОВ

■
А. А. Штернфельд и академик
Б. Н. Петров беседуют перед нача-
лом юбилейного заседания



Начальник Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР И. А. КУТУЗОВ

Проблемы картографирования Луны

Формирование новых задач исследования поверхности и строения Луны, а также их планирование требуют критического осмысления всей информации о Луне, полученной с помощью наземных и космических средств за истекшее столетие и, особенно, за последнее время. При этом следует отметить, что результаты проведенных космических исследований Луны позволили по-новому осмыслить ее природу и найти новую трактовку многих данных, полученных ранее по наземным наблюдениям естественно-го спутника Земли.

За последние годы основная роль в выполнении космических исследований Луны принадлежит двум крупнейшим и наиболее развитым государствам — Советскому Союзу и Соединенным Штатам Америки. Осуществление таких космических экспериментов, как мягкая посадка на лунную поверхность космических аппаратов «Луна-9, -13», «Сервейер», длительная работа в окололунном пространстве исследовательских спутников «Луна-19, -22», «Лунар Орбитер», автоматическая доставка на Землю лунного грунта с помощью станций «Луна-16, -20», успешные многомесячные экспедиции самоходных аппаратов «Луноход-1, -2» и, наконец, проведение лунных экспедиций с участием человека по программе «Аполлон», являются блестящими успехами космонавтики, ознаменовавшими свершение самых дерзновенных замыслов человечества.

Сокращенный текст выступления на открытии Всесоюзного совещания по проблеме картографирования поверхности Луны. Москва, 24—27 декабря 1974 года.

Изучение Луны имеет важное научное и практическое значение. Мы вступаем в период, когда закончилась первая стадия ее рекогносцировочных исследований и предстоит определить пути дальнейшего развития и начать следующую стадию фундаментальных исследований.

Немалое значение во всех этих космических экспериментах имели работы, связанные с астрономо-геодезическим и геофизическим изучением и картографированием Луны, выполненные как с помощью телескопических наблюдений Луны, так и с космическими аппаратами.

Следует отметить среди выполненных работ по картографированию Луны фототелевизионную съемку ее поверхности с космического аппарата «Лунар Орбитер», фотографическую съемку космическими аппаратами «Зонд-6, -7 и -8» с возвратом пленки на Землю, фотографическую съемку лунной поверхности с космического корабля «Аполлон», крупномасштабную телевизионную съемку с автоматических лунных станций «Луна-9, -13» и с помощью самоходных автоматических аппаратов «Луноход-1, -2».

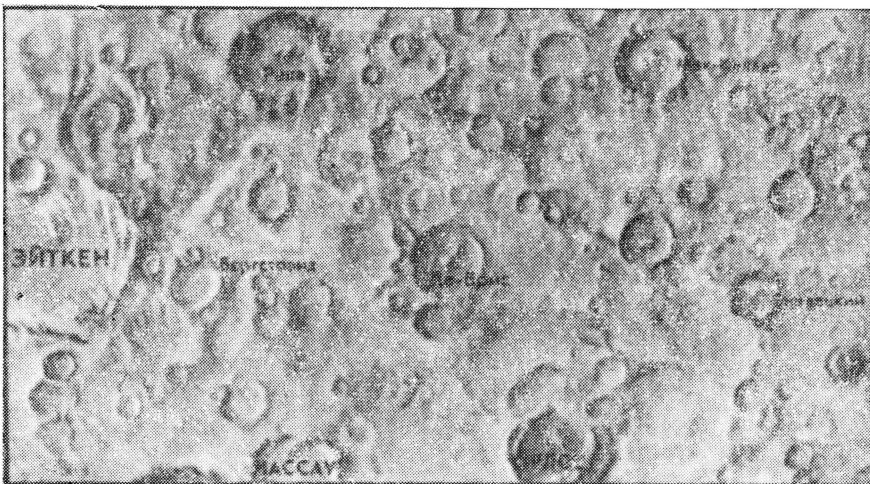
Огромное значение имеет изучение гравитационного поля Луны с помощью автоматических станций «Луна-19, -22» и космических аппаратов «Лунар Орбитер».

Результаты выполненных съемок лунной поверхности выявили процессы, ответственные за ее формирование. Анализ параметров гравитационного поля Луны совместно с результатами сейсмического зондирования и

данными о химическом составе лунного вещества, доставленного на Землю американскими космонавтами и советскими автоматическими станциями, и его анализ в естественном залегании, выполненный на самоходных аппаратах «Луноход-1, -2», позволили получить представление о внутреннем строении Луны. Все эти данные обеспечили возможность создания первой достаточно реальной модели Луны. Однако их еще недостаточно для построения полной физико-химической теории Луны.

Чтобы создать такую теорию, следует выполнить огромный объем дальнейших космических исследований, включающий проведение геофизических и геохимических определений как с орбит искусственных спутников Луны, так и в долгодействующих лунных экспедициях.

Чтобы собрать для картографирования детальные сведения о рельефе и физическом состоянии лунной поверхности, создать и закрепить селеноцентрическую систему координат, необходимо провести фотографическую съемку лунной поверхности с синхронной фотосъемкой звезд и доставить отснятую пленку на Землю. При этом съемка лунной поверхности должна обеспечивать не только детальное ее изучение, но и дать необходимые материалы для успешного функционирования длительно действующих лунных экспедиций. Большую помощь в решении задачи по уточнению селеноцентрической системы координат и параметров орбитального и вращательного движения Луны может оказать лазерная локация с Земли уголковых отражателей, доставленных на лунную поверхность, а также изме-



рения расстояний Земля — Луна методом длиннобазисной радиоинтерферометрии и телескопическая наземная фотосъемка Луны на фоне звезд. Представляют большой интерес астрономо-геодезические и гравиметрические исследования, проводимые на поверхности Луны. Так, гравиметрические измерения на Луне позволят получить данные о структуре близповерхностных горизонтов лунной поверхности и детально изучить гравитационные аномалии около масконов.

Безусловно, все гравитационные измерения на лунной поверхности необходимо проводить совместно с другими геофизическими экспериментами: сейсмическим и электромагнитным зондированием и магнитными измерениями.

Большие научные и практические работы предстоит выполнить и при создании топографических и тематических карт Луны. Тематическое картографирование Луны связано с выполнением комплекса взаимосвязанных исследований, проводимых на лунной поверхности и методом дистанционных исследований с искусственных спутников Луны.

Космические исследования Луны и планет в конечном итоге служат созданию общей теории происхождения и эволюции Солнечной системы.



Репродукции фрагментов карты Луны (масштаб 1:5 000 000), составленной в Центральном научно-исследовательском институте геодезии, аэрофотосъемки и картографии. На первом фрагменте более темные участки — морская лунная поверхность, а самые светлые — материковая поверхность. На втором фрагменте изображены преимущественно материковые участки



Кандидат технических наук
Ю. С. ТЮФЛИН

Современные методы и результаты картографирования Луны и Марса

В космических исследованиях небесных тел Солнечной системы проблема астрономо-геодезического изучения и картографирования Луны и планет занимает важное место. Вся информация из космоса о природе и облике, геологическом строении, физических и химических свойствах поверхности небесного тела с необходимой точностью должна быть отображена на картах. Способы получения и обработки изображений поверхности планет, построение систем координат опорных точек, изучение гравитационных полей, уточнение параметров орбитального и вращательного движения планет, создание карт разного масштаба и назначения входят в задачи картографирования. Только в совместном применении различных средств и методов небесной механики, фотограмметрии, астрономии, геологии, астрофизики и других наук может быть успешно решена проблема астрономо-геодезического изучения и картографирования Луны. Поэтому не случайно проходившее в Москве, в здании Центрального научно-исследовательского института геодезии, аэро съемки и картографии (ЦНИИГАиК) 24—27 декабря 1974 года Всесоюзное совещание по проблеме картографирования поверхности Луны привлекло внимание ученых самых различных специальностей. На совещании было заслушано около 40 докладов. С вступительным словом к участникам совещания обратился начальник Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР И. А. Кутузов (текст выступления опубликован в этом номере журнала на стр. 66—67).

О научных и научно-технических

проблемах картографирования Луны, способах их решения и достигнутых к настоящему времени результатах рассказал заместитель директора ЦНИИГАиК Б. В. Непоклонов. Фотографические съемки поверхности Луны с ее искусственных спутников, одновременная съемка звезд и профилирование поверхности с помощью высотометров, длительные траекторные измерения искусственных спутников Луны, лазерная локация Луны и радиоинтерферометрия с большой базы, абсолютные и относительные гравиметрические измерения на ее поверхности, фотографирование Луны с Земли на фоне звезд, а также дистанционное зондирование лунной поверхности в различных диапазонах электромагнитного спектра — это ближайшие научные задачи.

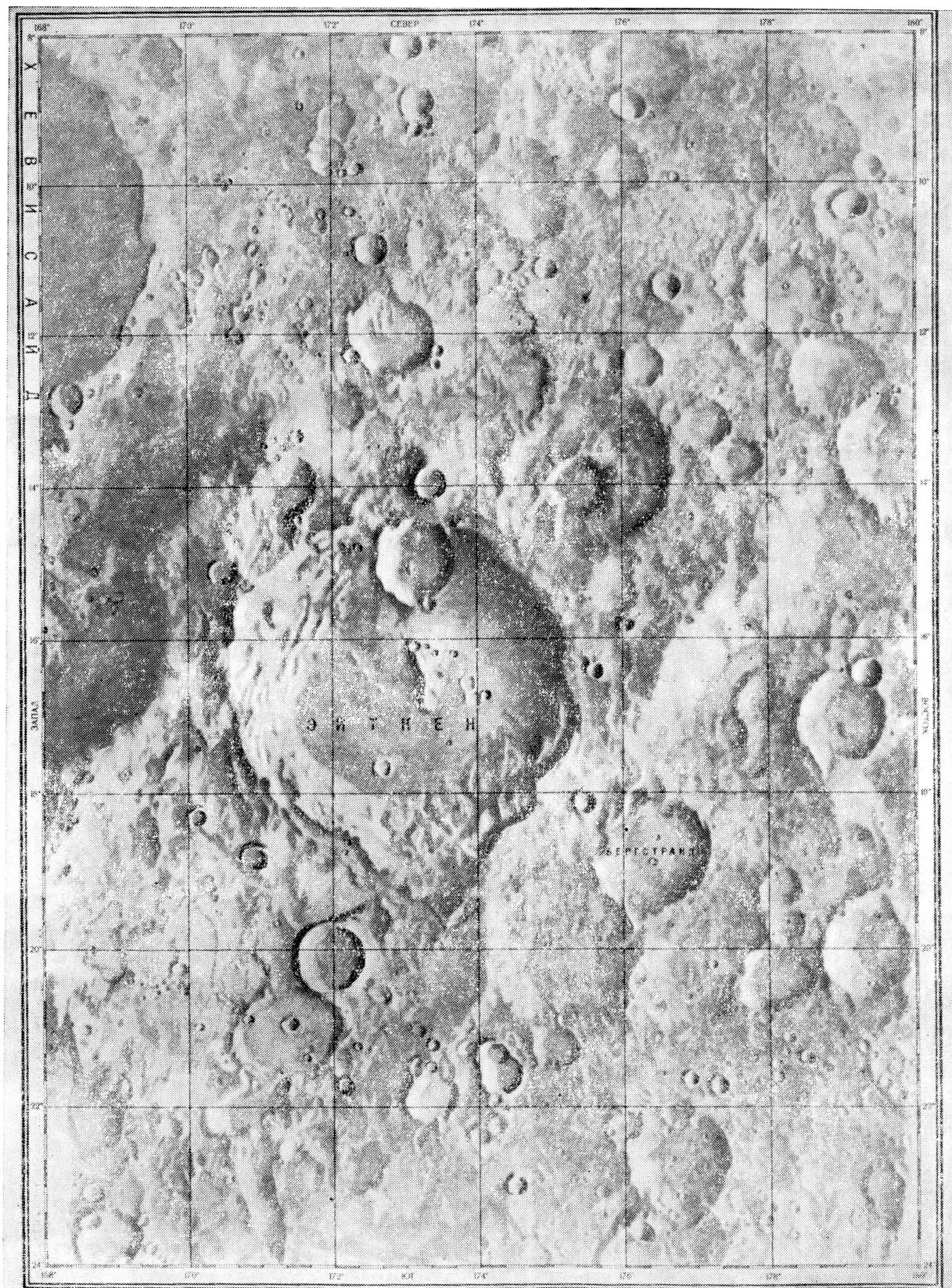
Самые разнообразные исследования выполнены по материалам фотографических съемок с автоматических станций «Зонд-6, -7 и -8» в Московском институте инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии (МИИГАиК). О результатах научных экспериментов по фотосъемке, фотометрической, фотограмметрической и картографической обработке этих материалов сообщил ректор МИИГАиК доктор технических наук, профессор В. Д. Большаков. Доклад иллюстрировался картами масштаба 1 : 2 000 000 и 1 : 1 000 000, составленными для районов съемок лунной поверхности. Технологическим вопросам создания различных вариантов этих карт были посвящены доклады других сотрудников МИИГАиК. Так, в докладе В. В. Пиотровского обсуждались принципы построения новых структурно-морфологических карт Луны. Докладчик отме-

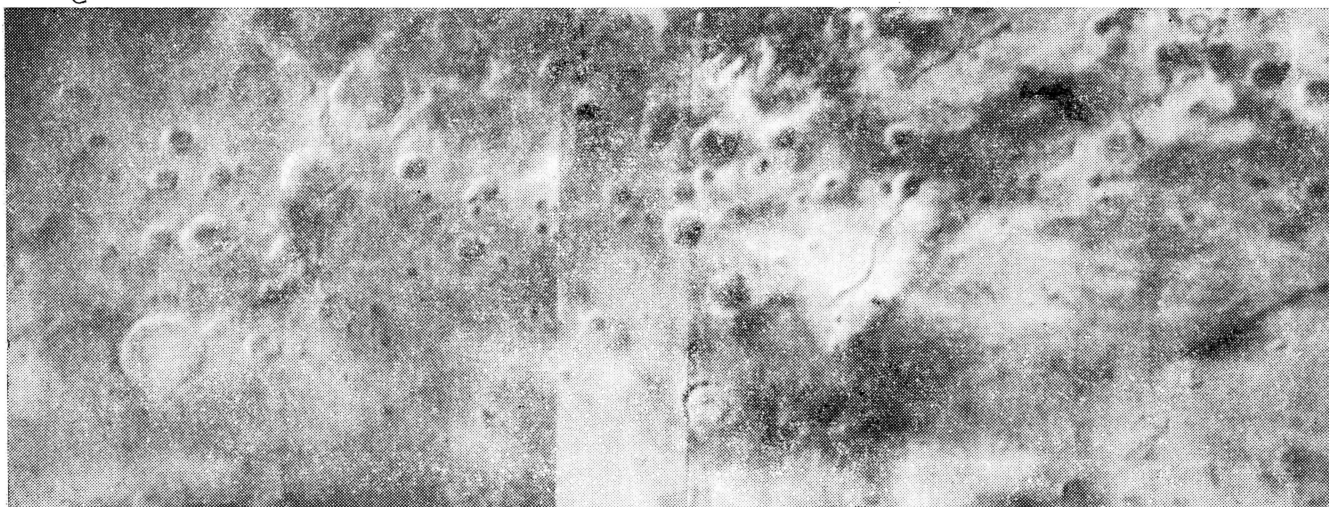
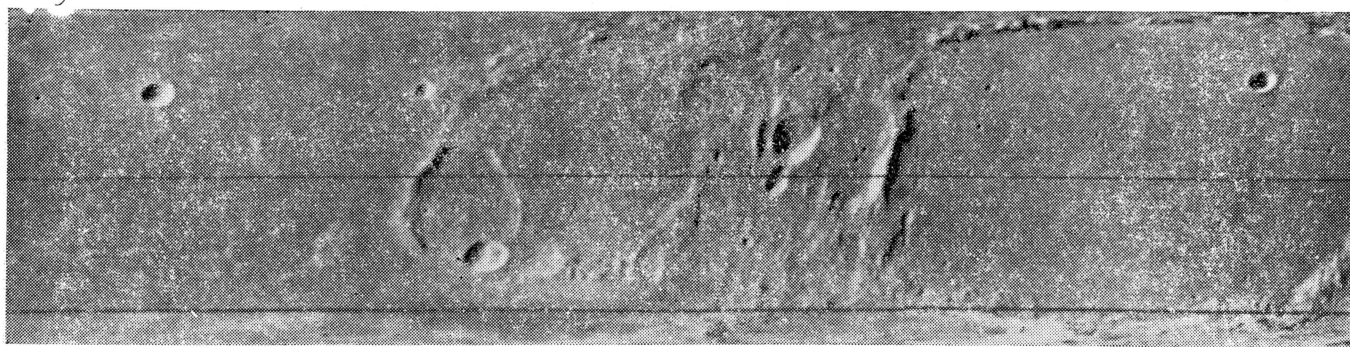
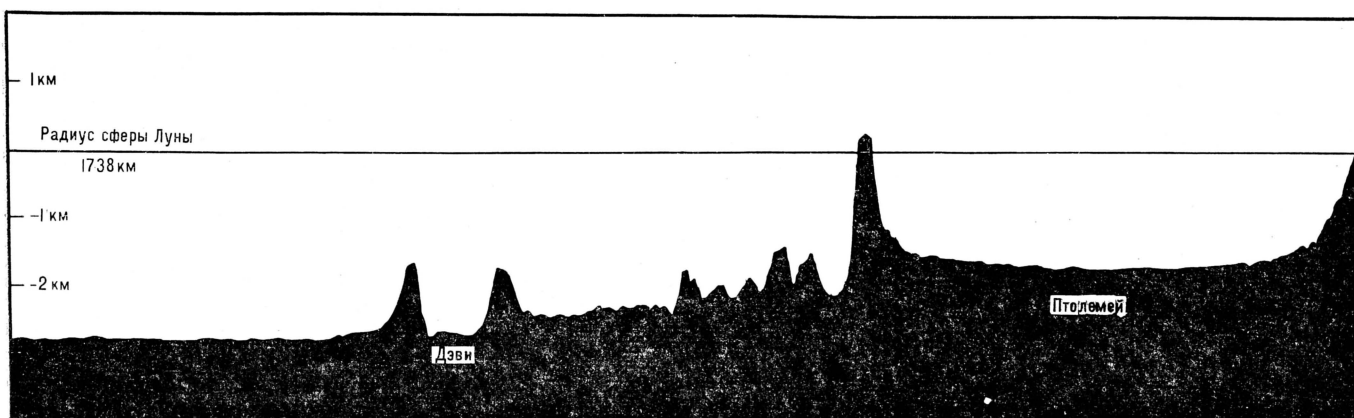
тил, что на существующих обзорных лунных картах сильно обобщены различные формы рельефа, в частности, упрощенно показаны межкратерные участки, днища кратеров и неясно переданы возрастные характеристики различных форм лунной поверхности. Дополнительные штриховые условные обозначения на картах могут значительно повысить информативность карт и расширить сферу их применения. Для указания возрастных характеристик элементов рельефа условные обозначения на картах даются штрихами разного цвета (красный цвет — молодая группа, зеленый — старая, черный — древняя).

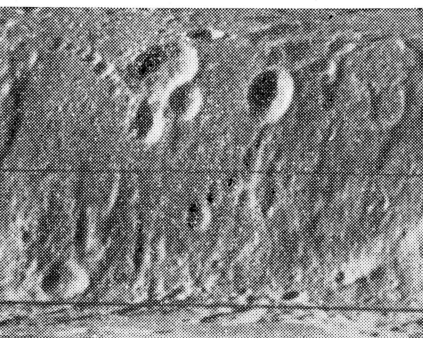
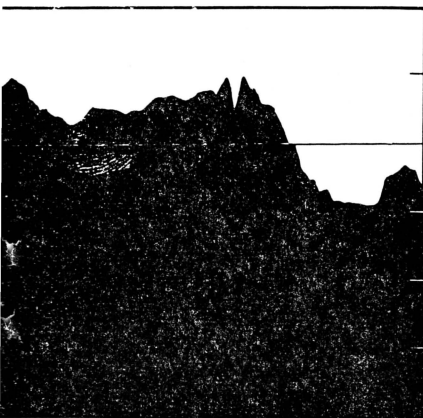
Уже настало время провести физико-географическое районирование всей лунной поверхности с учетом характерных форм рельефа, структурного строения, гипсометрического уровня, характера расчлененности и т. д. Разрабатывая такую схему районирования, необходимо привлекать данные фотометрии, морфологии и геологии Луны. Районирование поможет объективному и правильному представлению о сложном характере лунной поверхности. Вопросам составления мелкомасштабных карт Луны были посвящены доклады сотрудников ЦНИИГАиК. Доклады иллюстрировались фрагментами карт масштаба 1 : 5 000 000.



Карта Луны масштаба 1 : 1 000 000. Изображен участок обратной стороны с кратером Эйкен в центре. Карта составлена в Московском институте инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии по материалам съемки советских автоматических станций «Зонд»







«Географические» названия на Луне имеют интересную и сложную историю. Научные и правовые аспекты этой проблемы, а также общие принципы обозначений на лунных картах стали темой доклада А. М. Комкова (ЦНИИГАиК).

Результаты и задачи исследований по тематическому картографированию Луны были представлены в докладе сотрудников Института геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского АН СССР. Авторы рассказали о составленных ими геолого-геоморфологических картах на разные районы Луны. Доклад В. В. Шевченко от Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга был посвящен анализу физических свойств лунной поверхности методами отображения этих свойств на тематических картах, а также связям оптических характеристик поверхности с особенностями ландшафта, глубинным строением и возрастом лунных пород.

На совещании подробно обсуждались вопросы селенодезического изучения Луны методами астрометрии, фотограмметрии и небесной механики.

Картографирование Луны невозможно без построения высокоточной

Фрагменты лунного профиля и телевизионной панорамы, полученные с автоматической межпланетной станции «Луна-22» 11 июня 1974 года с помощью радиовысотомера и оптико-телевизионной камеры (сканера)

Фрагмент телевизионной панорамы марсианской поверхности, полученной 24 февраля 1974 года вдоль трассы полета автоматической межпланетной станции «Марс-4»

спорной сети на ее физической поверхности в системе координат, общей для видимой и обратной стороны Луны. Эта система необходима для решения научных и инженерно-технических задач по изучению и освоению Луны, а также как основа при создании топографических и тематических карт. Начало координат этой системы совпадает с центром масс Луны, а координатные оси направлены по главным центральным осям инерции Луны, которые приблизительно совпадают с осями эллипсоида, описывающего поверхность в целом. Чтобы построить такую опорную сеть, нужно иметь перекрывающиеся космические фотоснимки лунной поверхности. Поэтому фотограмметрические методы здесь выступают в новом качестве, заменяя традиционные геодезические методы построения опорной сети на Земле и астрономические — на Луне. В докладе сотрудников ЦНИИГАиК был предложен разработанный Е. В. Алексашиним, Б. В. Непоклоновым, Ю. С. Тимофеевым и Ю. С. Тюфлиным способ построения такой **единой селеноцентрической системы координат**. Используя метод наименьших квадратов и интегрируя дифференциальные уравнения движения Луны и ее искусственных спутников, можно определить в принятой селеноцентрической системе координаты опорных точек на лунной поверхности, координаты спутника, с которого проведена фотосъемка, параметры внешнего гравитационного поля, а также фазовые координаты центра масс Луны и параметры орбитального и вращательного ее движения. Фазовые координаты любого небесного тела — это величины, характери-



зующие его положение и скорость в известный момент времени. Фазовые координаты Луны определяют ее положение и скорость относительно Земли, то есть в геоцентрической системе координат (начало в центре масс Земли и координатные оси по оси вращения Земли и радиусу, направленному к Гринвичскому меридиану, лежащему в плоскости экватора).

Методика измерений и результаты лазерной локации угольковых отражателей, доставленных на Луну, были доложены в совместном докладе сотрудников Физического института имени П. Н. Лебедева АН СССР и Института теоретической астрономии АН СССР. Сотрудники астрономической обсерватории Казанского Государственного университета в своих докладах сообщили о фотографических наблюдениях Луны на фоне звезд. Та-



Крупномасштабный фототелевизионный снимок поверхности Марса, полученный с автоматической межпланетной станции «Марс-5». На снимке изображена мореподобная область с резко выделенной границей крупного кратера. Западнее этого кратера расположена вытянутая эродированная структура меньшего размера. Кроме крупных форм рельефа на снимке легко опознаются многочисленные микрообразования



Крупномасштабный фототелевизионный снимок марсианской поверхности, полученный с автоматической межпланетной станции «Марс-4». На снимке изображен участок марсианской поверхности с западной частью вала кратера Бонд и протянувшаяся рядом града. Окружающая местность сравнительно ровная и однообразная

кие наблюдения необходимы для составления каталога селеноцентрических координат точек лунной поверхности. Н. Г. Ризванов рассмотрел два способа уравнивания фотографических наблюдений, а Р. А. Кашеев предложил учитывать уклонение отвеса при определении координат точек лунной поверхности. Автор установил, что введение подобной поправки необходимо для районов со значительными гравитационными аномалиями.

В докладе А. С. Мамакова (Астрономическая обсерватория имени В. П. Энгельгардта) сообщается об определении селенографических координат 32 лунных кратеров, полученных измерением позиционных углов и расстояний с помощью модернизированного гелиометра.

В нескольких докладах рассматривались результаты обработки материалов, полученных самоходными автоматическими аппаратами «Луноход-1» и «Луноход-2».

Картографирование Луны тесно связано с изучением планет Солнечной системы, поэтому в программу совещания были включены и доклады, посвященные изучению Марса. О картографической изученности Марса и современных картах марсианской поверхности рассказали сотрудники Института космических исследований АН СССР.

На совещании обсуждались результаты обработки фотографий марсианской поверхности. В частности, сотрудники ЦНИИГАиК по материалам съемки с автоматических межпланетных станций «Марс-4» и «Марс-5» построили для сфотографированной территории сеть опорных точек в ареоцентрической ареоэкваториальной системе координат. В астрономии такие системы принято называть по греческим названиям планеты. Так Марс по-гречески называют Арес, Луну — Селена и т. д. Отсюда и наименование ареоцентрическая (марсианская с началом в центре масс Марса), ареоэкваториальная (одна из плоскостей системы совпадает с экватором Марса). Возможны и другие названия систем, например, ареоцентрическая геоэкваториальная (с началом в центре масс Марса и с плоскостью, па-

раллельной плоскости экватора Земли). Одновременно с построением сети были вычислены координаты центров проектирования снимков на известные моменты съемки. Эти данные использованы для уточнения орбиты автоматической межпланетной станции «Марс-5».

Сотрудники Института геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского АН СССР продемонстрировали результаты дешифрирования снимков с «Марса-4» и «Марса-5» для составления геолого-геоморфологических карт марсианской поверхности в районе съемки. От Львовского политехнического института был представлен доклад о задаче определения фигуры Марса по параметрам его гравитационного поля, приведены геометрические и динамические параметры планеты. Сотрудники географического факультета Московского государственного университета сообщили о том, что по материалам съемок и изданным картам составлен глобус Марса масштаба 1 : 25 000 000 с диаметром шара 27,5 см.

На организованной в ЦНИИГАиК выставке кроме изданных карт экспонировались материалы последних полетов межпланетных станций «Марс-4», «Марс-5» и «Луна-22».

Прошедшее совещание показало актуальность проводимых исследований по топографо-геодезическому изучению и картографированию Луны и наметило дальнейшие пути.

ТРЕТИЙ ВИЗИТ «МАРИНЕРА-10» К МЕРКУРИЮ

16 марта 1975 года американский космический аппарат «Маринер-10» в третий раз приблизился к Меркурию. Он пролетел от поверхности планеты на расстоянии всего 320 км. Получено еще 300 снимков Меркурия, причем на них различимы детали поперечником менее 50 м, и новая информация о его магнитном поле.

Магнитное поле было обнаружено во время первого пролета «Маринера-10» вблизи Меркурия 29 марта 1974 года. Однако осталось неясным, присуще ли это поле самому Меркурию или вызвано взаимодействием солнечного ветра с планетой. Используя первые магнитометрические данные, переданные «Маринером-10», доктор Н. Несс предсказал, что магнитное поле генерируется внутри планеты. Согласно его расчетам, напряженность поля на экваторе Меркурия 350, а на полюсе 700 гамм. (На земном экваторе поле равно 30 тыс. гамм.) Ось магнитного диполя наклонена к оси вращения Меркурия на 7°. Эти выводы, по мнению Несса, подтверждаются измерениями, выполненными магнитометром «Маринера-10» во время третьего пролета. Магнитное поле Меркурия может быть порождено динамо-механизмом, действующим в жидком ядре планеты, или постоянной намагниченностью пород в меркурианской коре.

«Маринер-10», ставший спутником Солнца, будет и впредь через каждые 176 дней приближаться к Меркурию. Но аппарат израсходовал все запасы топлива и связь с ним прератилась.

«Sky and Telescope», 49, 5, 1975.



ИЗ ИСТОРИИ
НАУКИ

Академик А. А. МИХАЙЛОВ

Триста лет Гриничской обсерватории

Со времени открытия Америки в конце XV века, когда дальние морские путешествия стали обычным делом, особую остроту приобрела проблема определения в море географических координат. Широта вычислялась сравнительно просто — по полуденной высоте Солнца или высоте Полярной звезды. Но чтобы найти долготу, равную разности местного времени в двух пунктах, необходимо было в течение всего путешествия знать время исходного пункта, например порта, откуда вышел корабль.

В начале XVII века Галилей указал, что определять долготу можно, наблюдая в зрительную трубу явления в системе открытых им спутников Юпитера. Однако такие наблюдения на качающемся корабле проводить очень трудно. Вскоре был предложен другой метод. Наблюдатель определял положение Луны на небе, измеряя ее угловое расстояние от одной или нескольких ярких звезд. Найденное положение сравнивалось с эфемеридой, то есть наперед вычисленным положением для ряда моментов по времени начального меридиана. Тогда, решая обратную задачу, определялось время, когда Луна занимала наблюденное положение. Сравнивая это время с наблюденным на корабле, получали долготу последнего. Метод лунных расстояний требовал разработки точной теории движения Луны и большого числа ее наблюдений. Особую заинтересованность в долготных измерениях проявляли страны с сильно развитым флотом — Испания, Португалия, Нидерланды и позднее Англия. В 1674 году на это было обращено внимание английского короля Карла II Веселого, который повелел:



«В целях нахождения долготы мест для усовершенствования навигации и астрономии, мы решили построить небольшую обсерваторию в пределах нашего парка в Гриниче, на высоком месте близ нашего замка, с жилым домом для нашего астронома-наблюдателя и его ассистента. Наша воля и удовольствие в том, чтобы сообразно с этим решением наш верный и возлюбленный сэр Кристофер Рен *, наш генеральный землемер, составил план и проект расположения указанной обсерватории и вы распорядились ее огрести, построить и закончить со всей

нужной скоростью назначенными вами мастерами и рабочими, причем вы прикажете казначею артиллерийского управления заплатить за материалы и рабочим, которые для этого понадобятся, из денег, вырученных вами от продажи старого и испорченного пороха, при условии, чтобы вся израсходованная или уплаченная сумма не превышала 500 фунтов. Наше удовольствие в том, чтобы все наши офицеры и служащие, относящиеся к сказанному парку, помогали тем, кого вы назначите для указанной работы, причем это является достаточным основанием для исполнения вами и всеми другими сюда относящимися.

Дано в нашем дворе Уайтхолле 22 дня июня 1675 в 27 год нашего правления. По приказу его величества Дж. Вильмсон.

Нашему верному и любезному советнику сэру Томасу Чичели, генеральному казначею нашего артиллерийского управления».

Так, на деньги, вырученные от продажи порченого пороха, в восточном предместье Лондона, на Гриничском холме была построена весьма скромная астрономическая обсерватория, которая вскоре приобрела широкую известность. Первый камень был заложен 10 августа 1675 года.

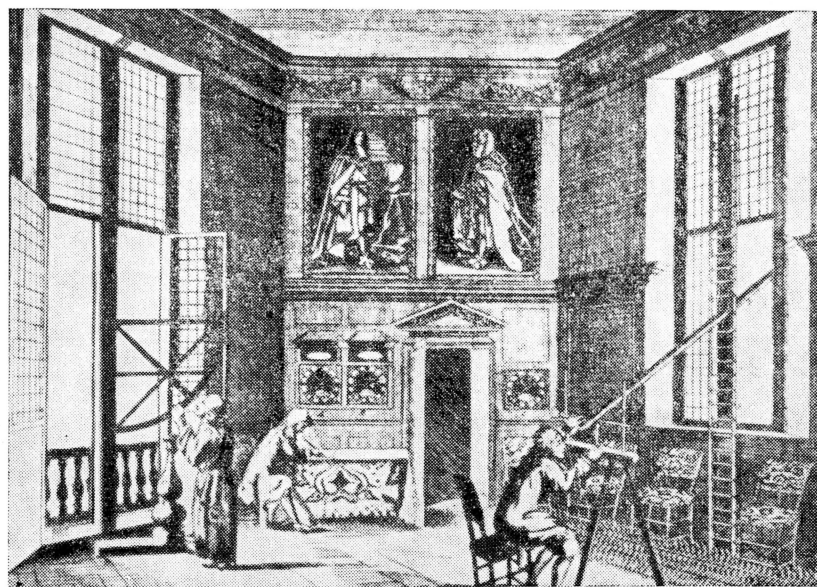
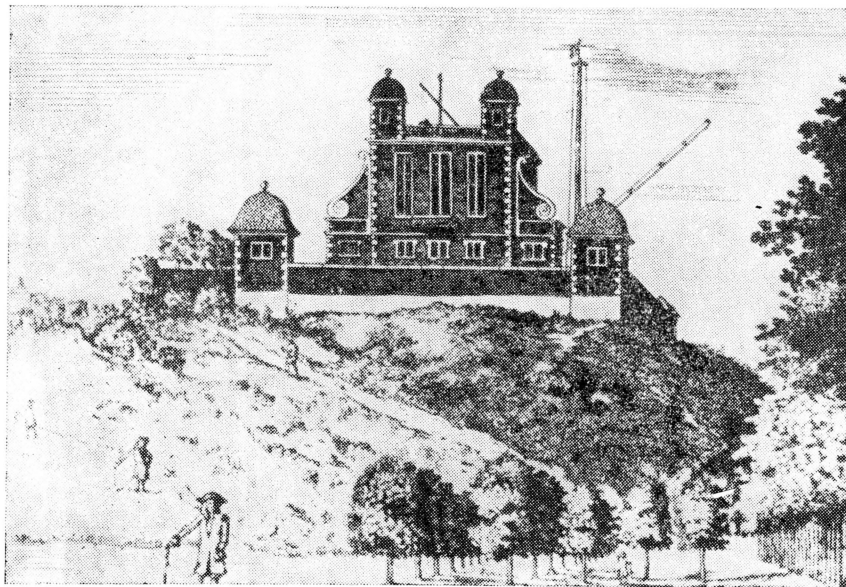
На протяжении почти двухсот лет деятельность обсерватории определялась научными интересами и организаторскими способностями ее директоров. Именно они проводили основные наблюдения и научные исследования. Вот почему история Гриничской обсерватории неотделима от судеб многих выдающихся английских астрономов, возглавлявших ее работу. Первым директором обсерватории и

 *Джон Флемстид (1646—1719) — первый директор Гриничской обсерватории*

* Christopher Wren (1632—1723) — известный зодчий, построивший собор св. Павла в Лондоне.

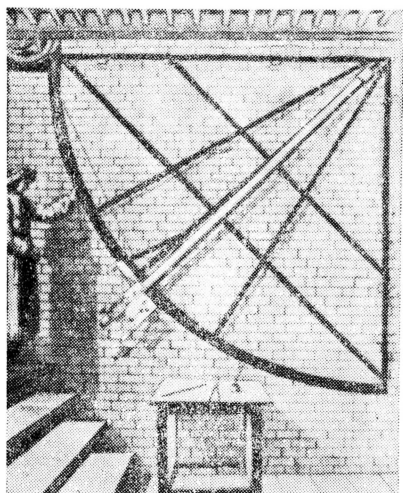
единственным наблюдателем был Джон Флемстид, получивший титул королевского астронома. Флемстид, несмотря на молодость, уже пользовался признанием как талантливый теоретик и искусный наблюдатель. В королевском указе ему было велено «заняться с величайшим старанием и прилежанием исправлением таблиц движений на небесах и положений неподвижных звезд для того, чтобы находить столь нужную долготу мест и усовершенствования искусства кораблевождения». За это Флемстиду было назначено содержание 100 фунтов в год.

Хотя в Гриничском парке и соорудили для обсерватории небольшой дом, но он был пустым, без каких-либо инструментов. Лишь с посторонней помощью Флемстиду удалось приобрести, а затем и сделать самому необходимые инструменты, в частности небольшой стеной квадрант. Скучных и нерегулярно выплачиваемых денег было для этого совершенно недостаточно, и ему пришлось подрабатывать частными уроками. В течение ряда лет у Флемстида не было и помощника, тем не менее он к 1689 году произвел около 20 тыс. наблюдений Солнца, Луны, планет и звезд для уточнения астрономических таблиц. Лишь в 1688 году к нему поступил ассистентом искусный вычислитель и ма-



Гриничская обсерватория в конце XVII века

Астрономические наблюдения в конце XVII века



стер А. Шарп, который изготовил новый, более точный меридианный инструмент.

В 1694 году обсерваторию посетил Исаак Ньютон. Он в то время разрабатывал теорию движения Луны и хотел получить у Флемстида новые наблюдения. Флемстид дал их весьма неохотно, а впоследствии и совсем отказывался передавать их кому бы то ни было, считая наблюдения своей личной собственностью, поскольку он выполнял их с инструментами, которые приобрел на собственные деньги или сделал сам. Он отказывался также публиковать наблюдения до окончания большого звездного каталога. На этой почве между ним и Ньютоном разгорелась вражда, отраженная в их личной переписке, которая им обоим доставила много неприятностей. Лишь в 1712 году был напечатан каталог под редакцией Галлея, но Флемстид нашел в нем много ошибок и, купив большую часть тиража, сжег его. Новое, исправленное издание, предпринятое самим Флемстидом, было закончено уже после его смерти, наступившей в 1719 году. В этом издании он ввел употребляемую и поныне нумерацию звезд в каждом созвездии в порядке возрастающих прямых восхождений.

Преемником Флемстида на посту

директора обсерватории с титулом королевского астронома стал еще более прославленный ученый — Эдмунд Галлей. Он принял лишь пустое здание обсерватории, так как инструменты, принадлежавшие ее первому директору, забрала вдова Флемстида. Однако Галлею удалось получить целевое ассигнование для заказа и покупки новых инструментов, в частности 8-футового квадранта. Галлей был увлечен позиционными наблюдениями Луны в период полного сароса — 18 с небольшим лет. Эти наблюдения он вел до 1737 года, пока с ним не случился удар. Галлей умер в 1742 году в возрасте 85 лет.

Третьим королевским астрономом стал профессор Оксфордского университета Джеймс Бадлей. Работая в частной обсерватории близ Лондона, он открыл абберацию света — кажущееся отклонение звезд от их истинных положений на небесной сфере, вызванное перемещением Земли по орбите. Это замечательное открытие стало первым доказательством движения Земли и сравнительно точным определением скорости света («Земля и Вселенная», № 3, 1973 г., стр. 50—53.—Ред.). Бадлею опять пришлось пополнить оборудование Гриничской обсерватории новыми инструментами, для чего ему удалось получить при поддержке Королевского общества (Британской академии наук) приличную сумму в 1000 фунтов. В Гриниче он проверил другое свое открытие — нутацию (колебания) земной оси, о котором сообщил лишь в 1748 году. Но главная работа его, несмотря на преклонный возраст, состояла в точнейших определениях координат избранных 3268 звезд, что

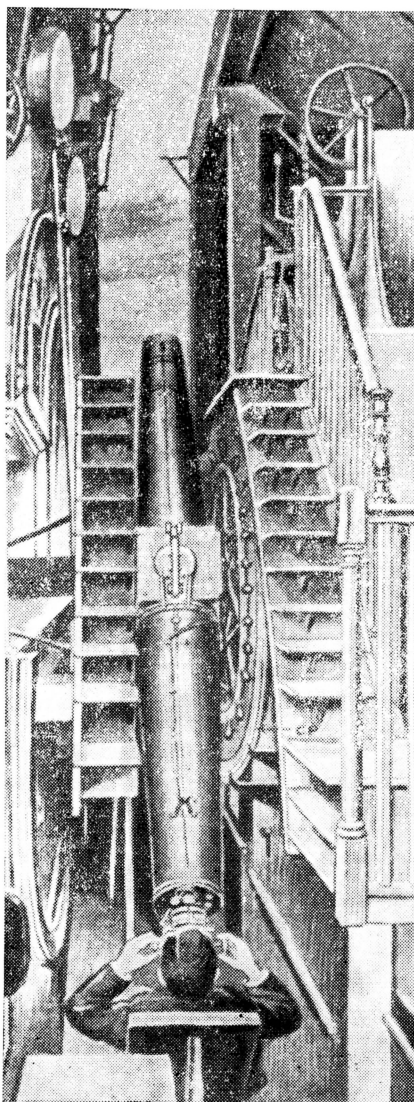
заняло 10 лет. Бадлей усовершенствовал искусство наблюдений, разработал способ учета инструментальных ошибок и составил точные таблицы атмосферной рефракции. Эти наблюдения Фридрих Бессель назвал фундаментом астрономии, ибо они послужили ему для вывода значений основных астрономических постоянных.

Следующий королевский астроном Натаниель Блисс занимал эту должность неполных два года (1762—1764) и ничем себя не проявил. Его сменил Невиль Маскелайн, который, находясь на этом посту с 1765 года по 1811 год, сделал особенно много для решения основной задачи, поставленной перед Гриничской обсерваторией, — обеспечения безопасности навигации. Он организовал составление и издание астрономического ежегодника, содержащего эфемериды и таблицы, которые специально предназначались для мореходов. Этот справочник, названный «Морским альманахом» («Nautical Almanac»), с 1767 года издается ежегодно на несколько лет вперед, постоянно совершенствуясь применительно к возрастающей точности наблюдений и кораблевождения. Маскелайн содействовал двум важным усовершенствованиям в определении долготы — изобретению и введению в практику хронометра Харрисона и метода лунных расстояний. Хронометр он сам испытал во время плавания на остров Святой Елены, куда отправился наблюдать прохождение Венеры по диску Солнца в 1761 году. Успешному применению метода лунных расстояний немало способствовало рекомендованное Маскелайном издание таблиц движения Луны, которые составил Тобиас Майер в Германии. Маскелайн ввел в

практику незамедлительную публикацию наблюдений, и с этого времени каталоги Гриничской обсерватории стали постоянным источником для изучения движений Земли и точных положений Луны и планет.

После смерти Маскелайна в 1811 году королевским астрономом стал Джон Понд, уже известный определением склонений звезд. Обновив оборудование обсерватории, Понд расширил круг ее работ, увеличил число наблюдателей и ассистентов до шести. В 1833 году Понд закончил каталог высшей точности, содержащий 1112 стандартных звезд. Однако непомерная требовательность к ассистентам, которые должны были по ночам наблюдать, а целыми днями вычислять без всякой личной научной заинтересованности, вынудила Понда уйти в отставку в 1835 году.

Дальнейшее преобразование обсерватории и расширение ее работ связаны с именем Джоржа Эри, занимавшего пост директора и королевского астронома 46 лет — с 1835 по 1881 год. Он сочетал в себе качества крупного ученого, умелого, хотя и несколько педантичного, руководителя и опытного администратора. При нем обсерватория пополнилась несколькими первоклассными инструментами. Среди них был большой альтазимут, подобный универсальному инструменту, на котором измеряются высота и азимут небесного светила или земного предмета. Он предназначался для определения точных координат Луны из наблюдений вне меридиана. Эти наблюдения широко использовались при разработке теории движения Луны и составлении лунных таблиц. Новый меридианный круг, ус-



тановленный в 1881 году, закрепил положение Гриничского меридиана. По международному соглашению 1884 года от этого меридиана на всем земном шаре ведется счет долгот и определяется поясное время. Ежедневно обсерватория передавала сигналы точного времени, по которым жило все население Англии. При Эри началось регулярное фотографирование фотосферы Солнца, были учреждены отделы земного магнетизма и метеорологии. Сильно занятый многочислен-

■ *Меридианный инструмент, оптическая ось которого совпадает с направлением Гриничского меридиана*

ными поручениями правительственных органов, Эри, в отличие от своих предшественников, мало наблюдал, предоставив это дело весьма компетентным ассистентам. Можно сказать, что если раньше почти вся работа обсерватории сводилась к деятельности ее директора, то теперь она стала приобретать коллективный характер.

Эри ушел в отставку в 1881 году, когда ему исполнилось 80 лет. Его место занял Вильям Кристи, расширивший работы обсерватории в соответствии с развитием астрономической науки. Обсерватория приняла участие в международном предприятии по созданию фотографической карты неба, причем ее сотрудники составили каталог звезд наиболее трудной околополярной области неба. Для выполнения этой работы был приобретен нормальный астрограф и измерительные приборы. Начались систематические измерения двойных звезд на новом 28-дюймовом рефракторе, организовывались экспедиции для наблюдений солнечных затмений, продолжалось составление звездных каталогов высшей точности.

Следующий королевский астроном Франк Дайсон руководил обсерваторией с 1910 до 1933 года. Его интересовала главным образом звездная астрономия, изучение распределения звезд и их собственных движений.

Девятый королевский астроном Спенсер Джонс выполнил очень трудную работу по определению солнечного параллакса из фотографических наблюдений малой планеты Эрос. На 24 обсерваториях 14 стран было получено 2817 фотопластинок с изображением Эроса, когда он в 1930—1931 годах особенно близко подходил

к Земле. Значение солнечного параллакса оказалось неожиданно малым и принятая ранее астрономическая единица длины увеличилась на 170 тыс. км. Теперь мы знаем, что действительное значение этой важнейшей астрономической постоянной, определенное радиолокационным методом, хотя и не столь велико, но все-таки ближе к величине, которую получил Спенсер Джонс («Земля и Вселенная», № 2, 1967 г., стр. 39—43; № 3, 1967 г., стр. 24—29.—Ред.). Он также изучал неравномерность и общее замедление вращения Земли.

Работе обсерватории сильно мешала теснота помещений. Кроме того, условия для наблюдений на краю огромного города, близ реки с ее испарениями и туманами были неблагоприятными. Поэтому возник вопрос о переносе обсерватории.

Новое место для обсерватории было найдено в сельской местности, в 90 км на юго-восток от Лондона, примерно в 10 км от южного берега Англии и в 15 км от поля сражения, где в 1066 году Вильгельм Завоеватель разбил английского короля Гарольда и начал покорение Англии. Здесь, среди лугов с пасущимися овцами и перелесков стоит большой замок, построенный в 1440 году из красного кирпича. Ныне он лишь частично окружен рвом с водой, а раньше у него был и подъемный мост, и амбразуры для защиты — все, как полагалось в то отдаленное время. Замок принадлежал дворянской семье Херстмонсо и в конце XVIII века был полностью разграблен. Он был частично восстановлен новыми владельцами лишь в начале XX века, а в 1946 году куплен Английским адмиралтейством,

в ведении которого тогда находилась обсерватория, вместе с участком земли 154 га. В 1959 году туда и была перенесена обсерватория.

В замке, к которому с севера примыкает большой сад, разместились служебные помещения, вычислительный корпус, библиотека и резиденция королевского астронома. Близ замка в отдельных павильонах находятся меридианные инструменты, на которых определяются координаты светил, и фотографическая зенитная труба для службы времени и широты. Разумеется, при переносе обсерватории из Гринича в Херстмонсо Гриничский меридиан остался на прежнем месте. Если раньше точное время определялось по наблюдениям на пассажном инструменте в Гриниче, то теперь его получают, наблюдая на фотографической зенитной трубе в Херстмонсо, лежащем на $0^{\circ} 20' 15''$ к востоку от Гринича, так что полдень наступает там на 1 минуту и 21 секунду раньше. Это учитывается при передаче сигналов времени.

Поодаль от замка в строении, оформленном в современном стиле, расположена группа экваториальных инструментов. Это — шесть башен с куполами, крытыми листами красной меди, и лабораторный корпус, перед которым вырыт декоративный бассейн. В башнях размещены 36-дюймовый рефлектор, 28-дюймовый рефрактор, 26-дюймовый астрограф и другие инструменты. Еще дальше от замка в большой башне установлен один из крупнейших в Европе параболический рефлектор, диаметр зеркала которого равен 248 см. Телескопу присвоено имя Ньютона — изобретателя рефлектора.

В другом направлении от замка построен корпус, где вычисляются эфемериды для «Морского альманаха», обрабатываются наблюдения покрытий звезд Луной, ведутся исследования по теоретической астрономии. Часовой отдел занимается испытанием и проверкой хронометров для флота. Здесь же находится механическая мастерская. Между этим корпусом и замком разместились павильон с гелиографом и другими инструментами, на которых наблюдается Солнце.

Гриничская обсерватория имеет тесную связь с многими обсерваториями, в которых работают английские ученые, и прежде всего с обсерваторией в Кейптауне на юге Африки и с австралийскими обсерваториями. Если раньше Гриничская обсерватория связывала контакты только с астрометристами, то теперь и с астрофизиками, и со специалистами по звездной астрономии. Именно в этих областях науки концентрировались интересы предпоследнего королевского астронома Ричарда Вулли, носившего это звание с 1956 по 1971 год, а прежде работавшего в Австралии. Он завершил перенос обсерватории в Херстмонсо из Гринича, ныне превращенного в музей. Там сохранились старые инстру-

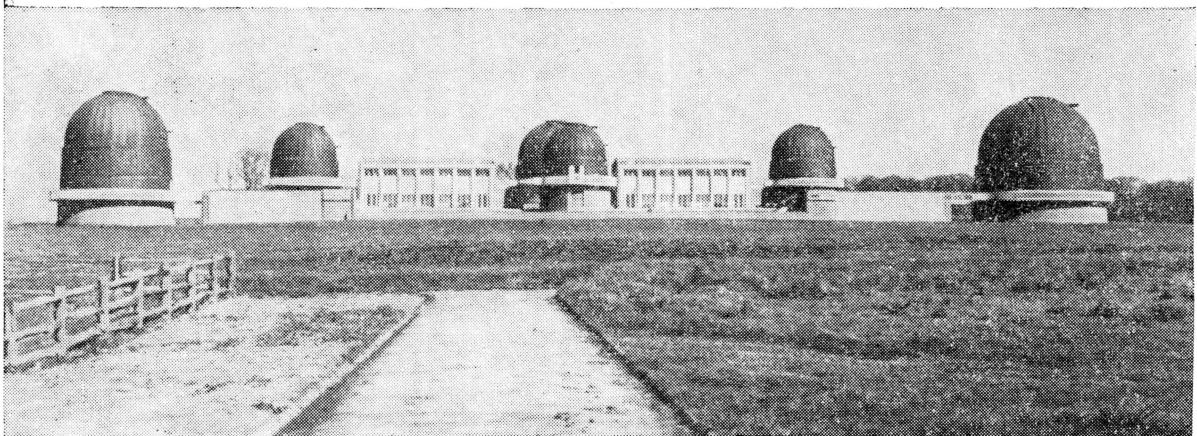
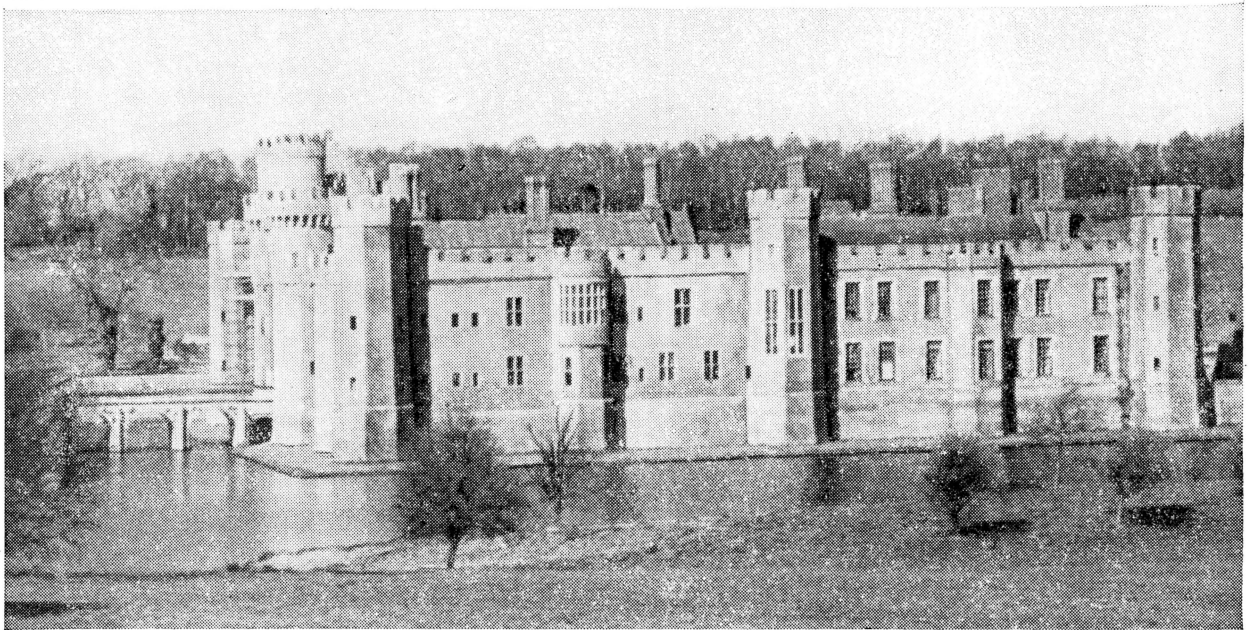
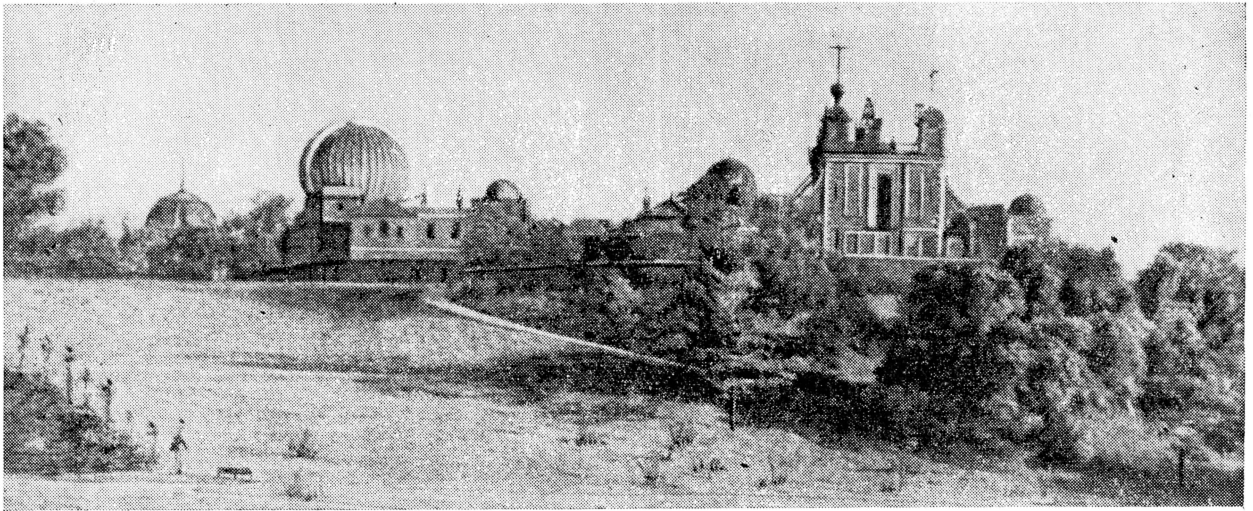

Гриничская обсерватория в начале XX столетия


Замок Херстмонсо, где размещается сейчас обсерватория

Фото автора


Группа экваториальных инструментов Гриничской обсерватории

Фото автора



менты, в их числе пассажный инструмент, оптическая ось которого обозначает Гриничский меридиан и линию раздела между восточным и западным полушариями Земли. Там все еще, как и в 1833 году, падает с мачты в час дня большой шар, возвещающий кораблям на Темзе гриничское время, получившее название Всемирного.

После ухода Вулли с поста королевского астронома наступило «междоцарствие». В конце концов было признано целесообразным отделить звание королевского астронома от должности директора обсерватории. Титул королевского астронома получил в 1974 году крупнейший специалист по радиоастрономии сэр Мартин Райл — иностранный член Академии наук СССР. Директором обсерватории стал астрофизик А. Хентер.

За триста лет в Гриничской обсерватории выполнено огромное число позиционных наблюдений тел Солнечной системы, особенно Солнца и Луны, а также звезд, которые помогли теоретикам уточнить движения Земли, Луны и планет. Причем точность этих наблюдений все время возрастала. Теория и таблицы движений планет, разработанные С. Ньюкомбом и Дж. Хиллом, в значительной мере основывались на гриничских наблюдениях, так же как произведенные там наблюдения Луны были применены П. Ганзеном, К. Делоне, а затем Е. Брауном для создания теории и построения таблиц сложного движения нашего естественного спутника.

Со времени основания Пулковской обсерватории в 1839 году установился тесный контакт и научные связи с Гриничем. Тогда же была проведена большая экспедиция с перевозкой хронометров между Пулковым и Гриничем для определения разности их долгот, которая была уточнена в наши дни современным способом — путем двусторонних наблюдений звезд с передачей времени по радио.

Трехсотлетний юбилей Гриничской обсерватории — это юбилей выдающегося научного учреждения, способствовавшего развитию всех основных разделов астрономии и обогатившего ее работами первостепенного значения.

А. И. ДАБИЖА

Кандидат физико-математических наук
М. С. КРАСС

Земная жизнь взрывных метеоритных кратеров

Поверхности Луны, Марса и Меркурия покрыты многочисленными кратерами, появившимися в результате падения метеоритов. Немало кратеров должно быть и на Земле. Астроблемы — следы древних метеоритных ударов и взрывов — не исчезают за десятки и сотни миллионов лет.

ЭВОЛЮЦИЯ КРАТЕРОВ

В жизни земных метеоритных кратеров можно выделить три стадии развития, которые существенно различаются своей продолжительностью. Первая стадия — образование самого кратера в результате взрыва — занимает доли секунды. В течение микросекунд возникают огромные температуры, около нескольких тысяч градусов, и сверхвысокие давления до нескольких мегабар. Уникальность этого природного эксперимента состоит прежде всего в том, что такие давления и температуры наблюдаются лишь при крупных ядерных взрывах и, по теоретическим оценкам, характерны для центра нашей планеты.

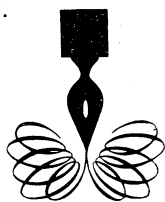
Ударное воздействие ядерного взрыва не может сравниться по величине с ударным воздействием метеоритов: диаметр воронки от ядерного взрыва мощностью в 100 килотонн тринитротолуола составляет всего 300 м (Невада, США), тогда как диаметр сравнительно небольшого Аризонского метеоритного кратера около 1300 м. Вторая стадия развития кратера — собственная эволюция — протекает за 10 — 100 тыс. лет, в зависимости от размеров кратера. Так как кратер не изолирован от других гео-

логических явлений, то последние активно влияют на его эволюцию. Третья стадия развития полностью зависит от геологической обстановки в районе падения метеорита. Может случиться, например, что кратер вообще исчезнет в результате активных тектонических движений земной коры. Продолжительность этой стадии — сотни миллионов и миллиарды лет. К вопросу о собственной эволюции мы еще вернемся.

КЛАССИФИКАЦИЯ КРАТЕРОВ

К первому классу геологи и геофизики относят кратеры простого округлого строения диаметром не больше 15 км. В основании этих структур залегают аллогенная (сначала поднятая взрывом, а затем упавшая в кратер и за его пределы, то есть перемещенная) и аутогенная (неперемещенная) раздробленные породы. Ниже располагается зона разломов и трещиноватости ударного происхождения. Окружающие валы и депрессии (углубления) в настоящее время могут не наблюдаться, так как валы выветриваются, изнашиваются со временем, а депрессии засыпаются осадками. В некоторых случаях на месте кратера образуется озеро.

В измеряемых геофизических полях такие структуры проявляются в виде округлой отрицательной аномалии силы тяжести. Что касается магнитного поля, то наблюдается общее понижение напряженности поля, вызванное нарушением систематического расположения магнитных материалов внутри основных пород и случайным распределением магнитных полюсов из-за смешивания фрагментов в брекчированной раздробленной зоне. Для



ГИПОТЕЗЫ.
ДИСКУССИИ.
ПРЕДЛОЖЕНИЯ

таких структур характерны также понижение скорости сейсмических волн в линзе раздробленных пород и повышение электропроводности в связи с насыщенностью их водными растворами («Земля и Вселенная», № 3, 1975 г., стр. 56—65.— Ред.).

Ко второму классу относят кратеры диаметром более 20—30 км. Для них характерно поднятие в центральной части. Гравитационное поле таких структур имеет более сложное распределение напряженности, чем в первом случае. Наблюдение отрицательной аномалии от всей структуры бывает осложнено фоном положительной аномалии ее центральной части.

К третьему классу относят крупные структуры диаметром более 50 км, имеющие очень сложное внутреннее строение и отличающиеся прежде всего тем, что их депрессии почти никогда не наблюдаются визуально. Для них характерно радиально-кольцевое расположение элементов. По геофизическим признакам такую структуру трудно выделить, так как аномалии поля силы тяжести и магнитные аномалии обусловлены в основном блоковым строением региона, куда упал крупный метеорит. Наиболее убедительные доказательства существования огромных метеоритных кратеров ученые обнаруживают, исследуя породы с признаками воздействия высоких температур и давлений.

ГИПОТЕЗЫ, ОБЪЯСНЯЮЩИЕ ФОРМУ КРАТЕРОВ

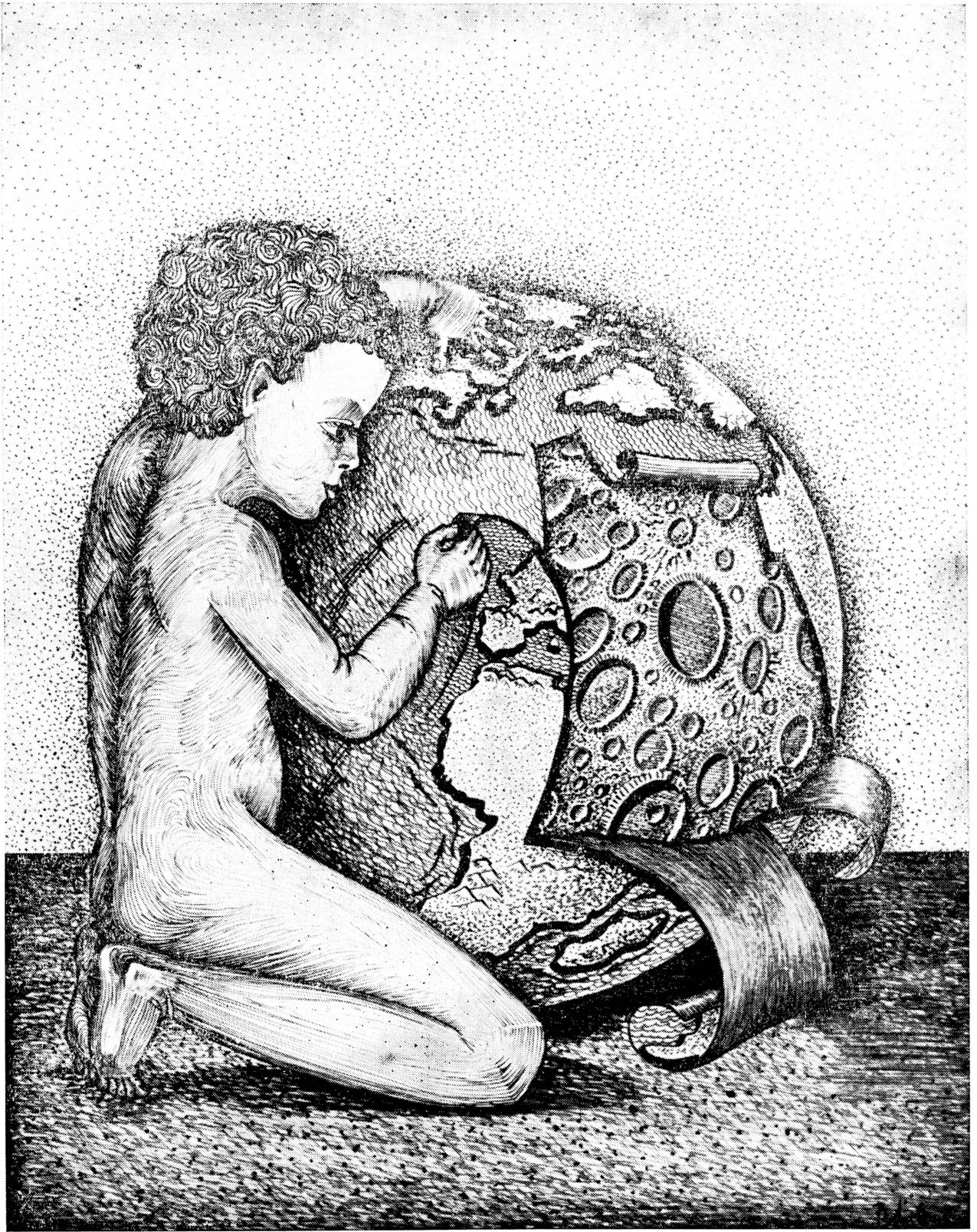
Есть много гипотез, пытающихся объяснить наблюдаемую форму взрывных метеоритных структур.

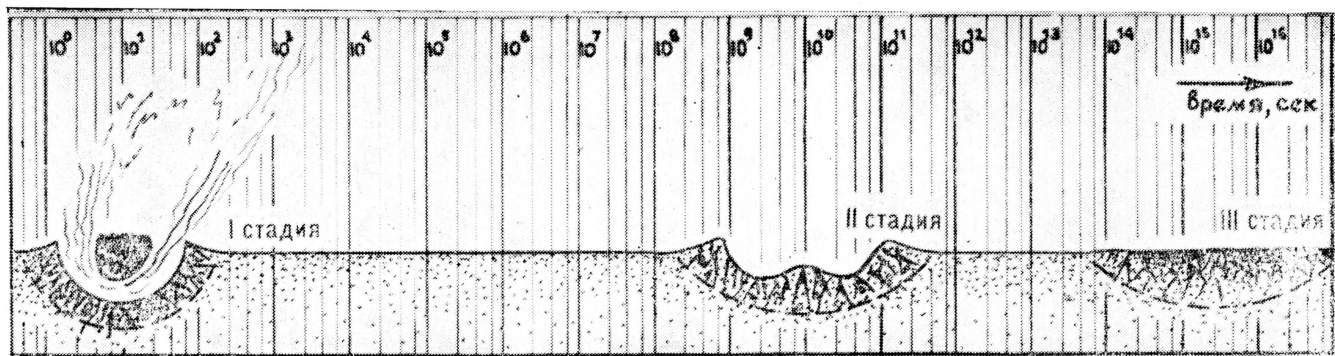
Уменьшение глубины кратера связывают с оползанием горных пород с краев и механизмом пластического выравнивания «лунки» кратера, а также с его эрозией. Проблема происхождения центрального поднятия пока не имеет окончательного решения. Высказываются самые различные предположения. В качестве возможного механизма рассматривали вытягивание расплавленной и раздробленной породы мишени в зону разрежения, образующуюся непосредственно после взрыва. Однако даже простые расчеты отрицают возможность возникновения центрального поднятия в результате этого процесса, так как за очень короткое время существования зоны разрежения (не более нескольких секунд) расплавленная порода почти не успевает сколько-нибудь потерять свою температуру, и поднятие из расплавленной и размягченной породы сможет полностью восстановить первоначальную форму.

Высказывалось предположение о вулканическом излиянии, сопровождающем взрыв. Но это справедливо лишь тогда, когда метеорит падает в вулканическую область. Порождать же вулканизм метеорит не может—слишком мал радиус теплового воздействия метеорита при соударении с Землей (горные породы представляют собой непрозрачную для теплового излучения среду). Если же метеорит падает в вулканическую область, то он может послужить спусковым механизмом для последующей вулканической деятельности. После образования кратера и связанной с ним ослабленной зоны трещиноватости и разломов вулканическая магма может начать изливаться на поверхность, хо-

тя и не обязательно поднимется в центральную область метеоритной структуры.

Участие процессов упругого послепействия и энергии отраженной волны в формировании центрального поднятия представляется также гипотетическим. Все эти и другие возможные процессы рассматривались вне связи поверхностных метеоритных структур с глубинными слоями Земли, что является неправомерным. Метеоритные кратеры живут не изолированно, а потому необходимо учитывать сложное взаимодействие разнообразных геологических явлений и процессов. Практически все явления, связанные с тектоникой крупномасштабных образований, обусловлены динамикой верхней оболочки Земли, глубиной от 150—200 км. В пределах этой зоны находятся литосфера и астеносфера нашей планеты («Земля и Вселенная», № 1, 1967 г., стр. 18—32.— Ред.). Толщина литосферы (в переводе с греческого «литос» — камень, «сфера» — шар) в различных регионах колеблется от нескольких десятков до 100—120 км. На глубине примерно 100 км под континентами (40—50 км под океанами) начинается астеносфера («астенос» означает «слабый») — слой пониженной вязкости толщиной примерно 100—150 км. На астеносфере «плавают» литосфера. В этом слое происходит перераспределение вещества при движениях литосферы и при колебаниях земной коры. Она играет роль «демпфера» механических возмущений, возникающих в недрах Земли. Благодаря относительно невысокой вязкости астеносферы земная кора в основном уравновешена, поскольку любые изменения в равнове-





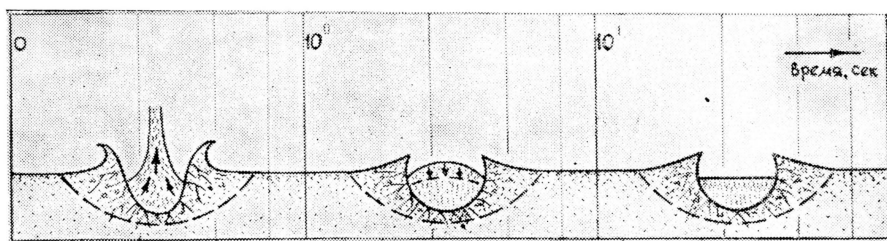
сии влекут за собой перетекание вещества в астеносфере.

Механическая система литосфера—астеносфера тесно связана с тектоническими движениями земной коры. Это необходимо учитывать при рассмотрении динамики крупных метеоритных структур. Физическая модель системы такова: жесткая кора покоится на вязком субстрате. Вообще говоря, астеносфера также обладает упругостью. Схематически поведение вещества астеносферы может быть представлено в виде последовательного соединения пружины и поршня в вязкой жидкости. Для процессов с периодом более 10^3 лет перемещения вещества астеносферы хорошо описываются моделью линейно-вязкой среды. Оболочки, находящиеся выше и ниже астеносферы, обладают вязкостью на несколько порядков больше, а потому в первом приближении их можно рассматривать как жесткие среды по отношению к астеносфере. Таким образом, вопрос об эволюции метеоритных структур сводится к исследованию динамики материала в системе, состоящей из жесткой верхней оболочки, плавающей на вязком субстрате.

СОБСТВЕННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ КРАТЕРОВ

На подошву земной коры под метеоритными кратерами астеносфера оказывает выталкивающее воздей-

Малыш, символизирующий любопытное человечество, «обдирает» земной шар, открывая для своего взора картины весьма любопытные и примечательные



ствие давлением, равным $\Delta \rho gh$, где $g=9,8$ м/сек², $\Delta \rho$ —разность плотностей между породами земной коры и верхней мантии ($0,2\text{—}0,3$ г/см³) и h —глубина метеоритной депрессии, зависящая от энергии метеоритного взрыва или, что то же самое, от размеров кратера. Для крупных кратеров выталкивающее давление значительно превосходит длительную прочность пород (около 30 кг/см²). При этом в слое земной коры возникают разрывные напряжения σ_{xx} и выталкивающие σ_{yy} , которые могут привести к возникновению трещин.

Однако в метеоритных кратерах малых размеров (до 10—15 км) длительная прочность на разрыв земной коры «держит» эти депрессии и выталкивающее воздействие астеносферы практически не оказывает никакого влияния на дальнейшую динамику таких структур. Эти депрессии засыпаются осадками, подвергаются эрозии

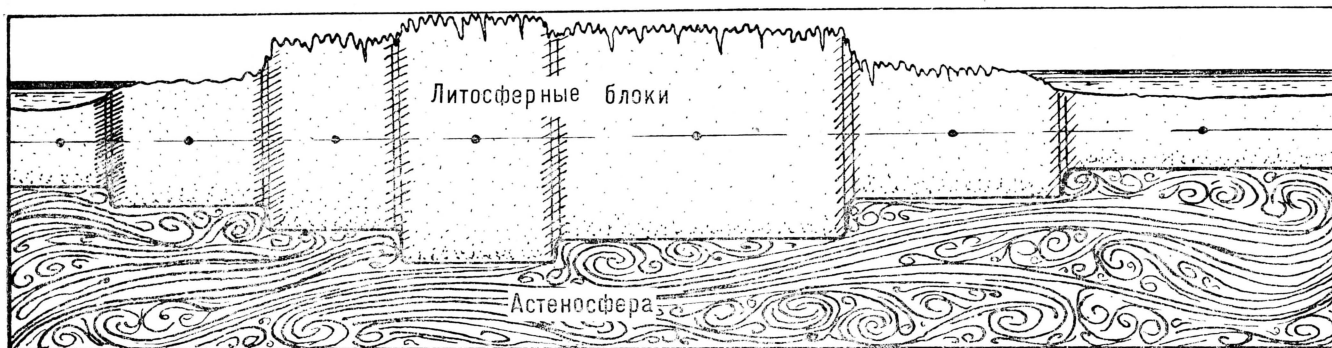
■ Три стадии процесса эволюции взрывных метеоритных кратеров

■ Растекание расплавленной породы на дне кратера

и денудации, то есть обнажению пород смывом, или, напротив, хорошо сохраняются в регионах со спокойным развитием земной коры (например, на Канадском щите). Именно эти структуры и относят к первому, относительно простому классу.

Метеоритные структуры размером больше 20 км релаксируют в течение нескольких десятков тысячелетий благодаря перетеканию под ними вещества в астеносфере. При этом верхний литосферный слой (земная кора и «холодные» верхи мантии) можно рассматривать как пассивную оболочку, передающую движение материала астеносферы.

Изменение формы метеоритного кратера существенно зависит от линейных размеров депрессии и мощности вязкого слоя астеносферы. Например, при сравнительно малых размерах депрессии вертикальное напряжение выталкивания намного превышает горизонтальное напряжение бокового воздействия. В этом случае подъем центральной части происходит намного быстрее, чем «заплывание» периферии (структуры второго типа). Наоборот, когда размер депрессии сравним или больше толщины



вязкого слоя, вертикальное напряжение выталкивания сравнимо или меньше горизонтального, так что в случае крупномасштабной депрессии быстрее восстанавливаются ее периферийные части.

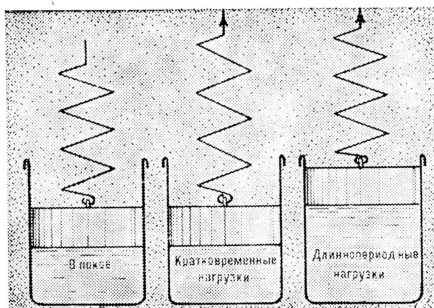
Время релаксации также зависит от размеров депрессии. Быстрее всего происходит выравнивание депрессии, сравнимой с толщиной вязкого слоя. Так, при толщине астеносферы 100 км, вязкости $(1-3) \cdot 10^{20}$ пуаз глубина структуры размером 80—100 км уменьшается почти в 3 раза за 2—3 тыс. лет, а полная релаксация происходит за 20—30 тыс. лет. Для структур размером 20—30 км соответствующие значения периодов релаксации составляют несколько десятков и сотни тысяч лет.

ТЕОРИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ

Сопоставим результаты строгих расчетов задачи об эволюции формы депрессии с наблюдаемыми формами метеоритных структур.

Структуры размером в несколько километров, как уже отмечалось выше, не имеют центрального поднятия, так как на них астеносфера практически не влияет. В этом случае эволюция геометрии структуры обусловлена процессами осадконакопления, что и наблюдается в природе (кратеры Новый Квебек, Брент, Холлефорд, Уэст-Хок в Канаде).

Наиболее интересно сопоставить результаты расчета с наблюдаемыми данными для структур размерами больше 20 км, поскольку в эволюции формы поверхности должно участвовать вещество астеносферы.



Качественно результаты расчетов и данные наблюдаемых метеоритных структур совпадают достаточно хорошо. Однако количественные отклонения неизбежны. Как показывают расчеты, скорость подъема центральной части составляет несколько сантиметров в год на первоначальной стадии релаксации; впоследствии она уменьшается. Указанная величина сравнима со скоростью денудации (или осадконакопления), которая наблюдается в тектонике крупных регионов.

Структуры, расположенные в регио-

■ *Литосферные блоки, «плавающие» в астеносфере*

■ *Поведение системы литосфера — астеносфера. При кратковременных нагрузках срабатывает только пружина (среда пропускает высокочастотные упругие колебания). При длительных нагрузках основную роль играет движение поршня в вязкой жидкости (перемещение в среде обусловлено ее вязкостью)*

нах с тектоническим опусканием, подвергаются процессам осадконакопления, такие процессы могут остановить подъем депрессии. Именно с этим следует связывать, на наш взгляд, «недоразвитые» центральные поднятия. В случае, когда центральное поднятие выражено достаточно отчетливо, опущенная периферия все равно заполнена осадками, поскольку она релаксирует крайне медленно.

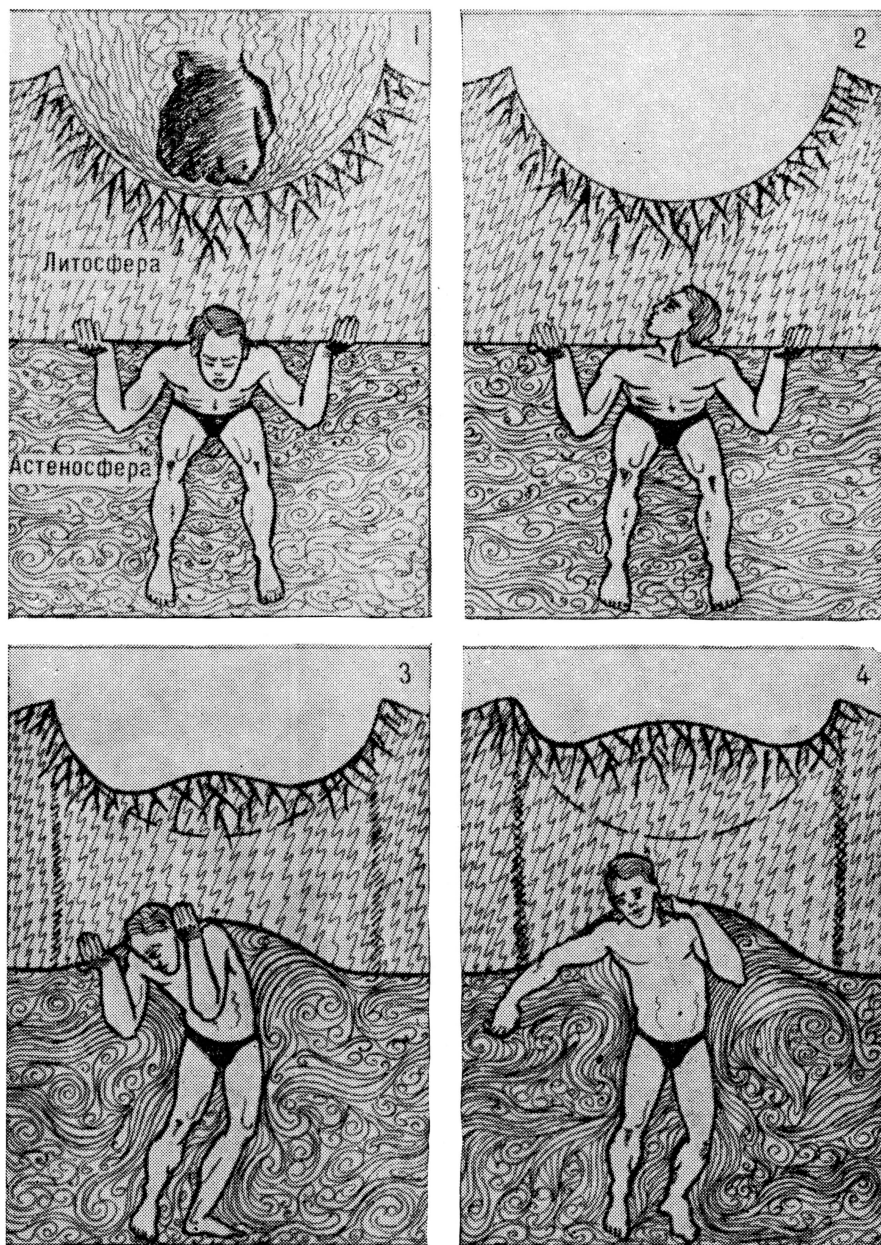
В качестве примера рассмотрим эволюцию формы метеоритного кратера Восточный Клируотер (Канада). Из теоретических расчетов следует, что такая депрессия (ее размеры около 20 км) должна была уменьшить свою глубину втрое за 20—30 тыс. лет. Однако полевые данные показывают, что структура до сих пор полностью не восстановлена: четко выражены центральное поднятие и опущенная периферийная часть, но последняя засыпана осадками, а над всей структурой находится слой воды средней толщины 115 м. Появление озера и накопление осадков, когда кратер еще полностью не восстановился, привело к тому, что структура уравнилась в поле силы тяжести и прекратила дальнейшую эволюцию.

Теоретическое сравнение с Западным Клируотером, с депрессией около 30 км, показывает, что последний должен был в основном восстановиться за период времени всего около 10 тыс. лет, то есть как минимум в 3 раза быстрее Восточного Клируотера. По-видимому, за такой сравнительно малый промежуток времени на структуру Западный Клируотер не успели оказать воздействие процессы

седиментации, поэтому в настоящее время мы видим почти восстановленную структуру, в которой фиксируется срезанное эрозией центральное поднятие и очень незначительно выраженная опущенная периферия, заполненная осадками малой мощности и небольшим слоем воды.

Более крупные кратеры (от 80 км) должны существенно релаксировать за 2000—3000 лет. Поскольку их размеры соизмеримы с толщиной вязкого слоя астеносферы, центральное поднятие у таких кратеров выражено очень слабо. Подъем поверхности кратера должен происходить почти равномерно по всему протяжению. Таковы кратеры Пучеж-Катунь и Попигай в СССР.

Только сейчас появляются данные о крупномасштабных структурах в несколько сот километров, для которых теоретические оценки периода восстановления выражаются в нескольких десятках и сотнях тысяч лет. Отсутствие хорошо выраженного центрального поднятия, а также соизмеримость таких структур с размерами тектонических регионов, приводят к сложной мозаике гравитационных и магнитных аномалий. Это дает пищу для многочисленных дискуссий о возможности



Реакция астеносферы на появление и развитие среднимасштабной метеоритной депрессии: 1 — удар метеорита; 2 — первоначальный кратер; 3 — появление центрального поднятия; 4 — восстановленная структура

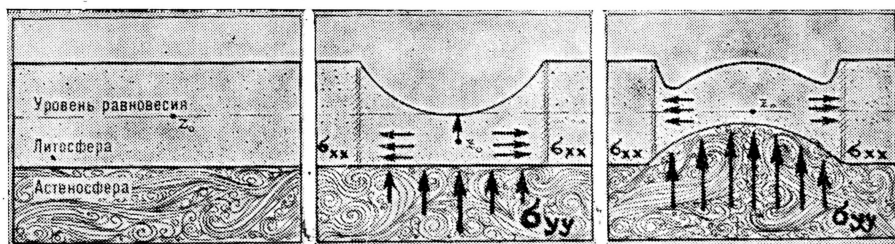


Схема возникновения разрушающих напряжений

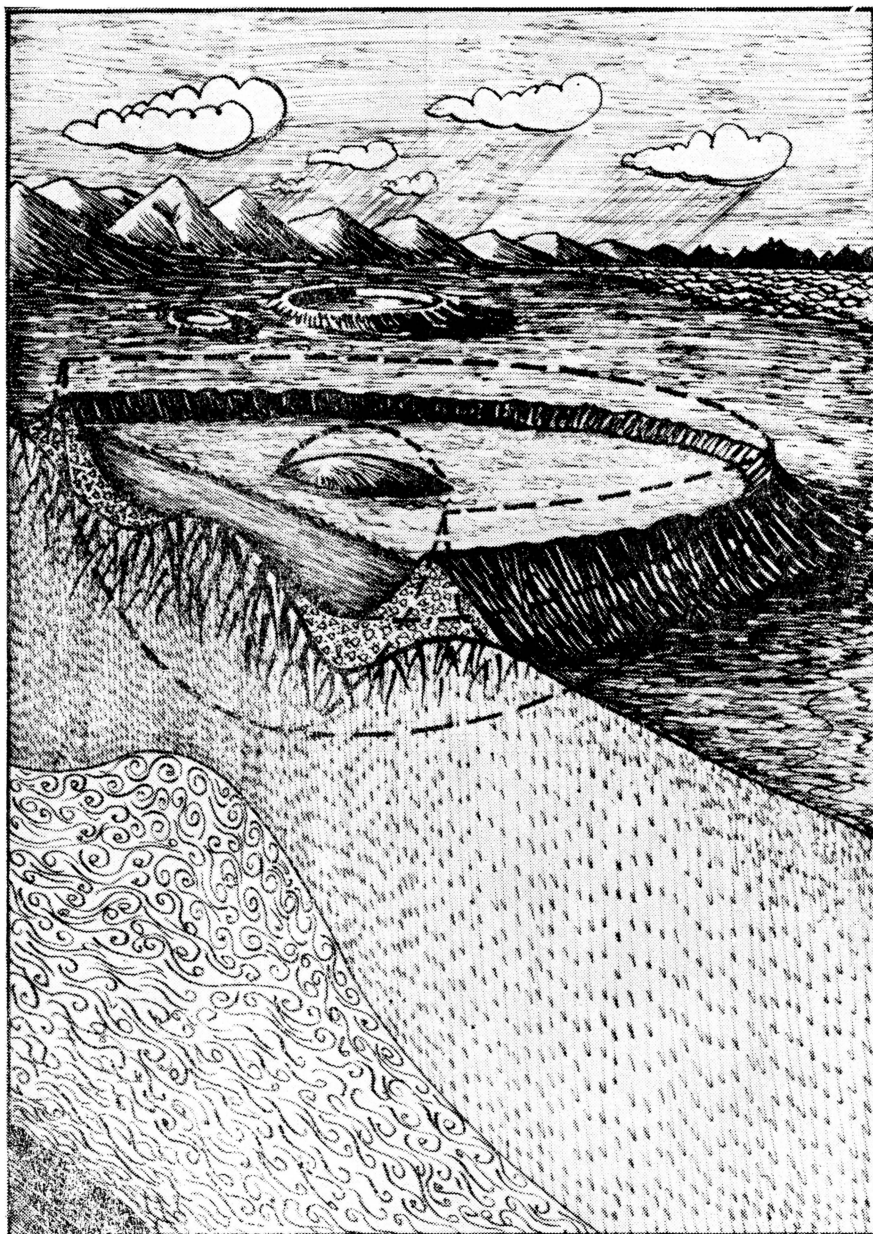
существования метеоритных кратеров больших диаметров.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОИСКОВ КРАТЕРОВ

Если мысленно снять относительно тонкое наслоение на поверхности Земли, то нашему взору откроется большое многообразие следов воздействия на земную кору внешних и внутренних процессов, в том числе и метеоритные кратеры. На планетах, где нет атмосферы, такие следы находятся прямо на поверхности. На Земле мы часто не имеем возможности наблюдать их непосредственно. Именно это обстоятельство и порождает неоднозначность интерпретации наблюдаемых геологических явлений.

Малые и средние кратеры фиксируются морфологическими и геофизическими признаками в виде депрессий, заполненных водой и осадками, депрессий с кольцевым и центральным поднятием, а также соответствующими магнитными и гравитационными аномалиями. Напротив, крупномасштабные структуры, сравнимые с размерами тектонических регионов, как мы уже знаем, не оставляют таких четких следов, поскольку результат их полного восстановления морфологически многократно перекрыт процессами денудации и эрозии и собственной тектоникой региона. Следовательно, трансформации геофизических полей могут дать лишь косвенные признаки существования крупномасштабных структур взрывного типа

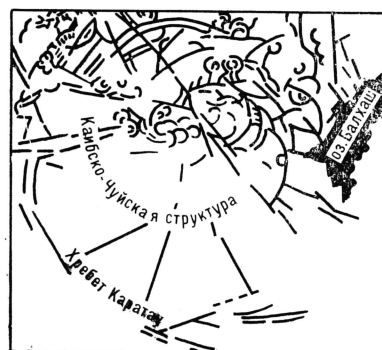
■
Изменение метеоритного кратера под воздействием эрозии. Пунктирными линиями показаны первоначальные размеры кратера, центрального купола и высота цирка



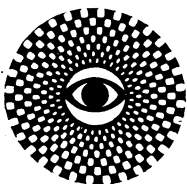
(нарушение общей закономерности картины регионального поля и наличие кольца локальных аномалий). Существование структур больших размеров может быть подтверждено петрографическими исследованиями. Относительно небольшая фаза релаксации метеоритных кратеров в общем процессе их эволюции объясняет хорошо наблюдаемые структуры в тектонически спокойных регионах (например, на Канадском щите). Нельзя утверждать, что большинство метеоритных структур уже найдено. Скорее всего, следы метеоритного воздействия существуют и в других местах, однако, они скрыты осадочным чехлом и почти не обнаруживаются. Применение геофизических методов может указать на расположение предполагаемых метеоритных структур. Вопрос об ударном происхождении обнаруживаемых структур должен решаться в результате комплексных исследований.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Если раньше некоторые ученые отвергали возможность бомбардировки Земли крупными метеоритами, то теперь, после обнаружения весьма крупных метеоритных кратеров, выдвигаются более смелые гипотезы о том, что большие кольцевые структуры диаметром 700 км и более также обязаны своим происхождением ударному воздействию огромных метеоритных масс — астероидов. Так, Б. С. Зейлик считает, что кольцевые структуры Казахстана, Поннонская впадина, кольцевые структуры на территории Сибири не что иное, как остатки огромных метеоритных кратеров. Эта гипотеза еще требует своего



Мелкомасштабный фотоснимок гигантской Каибиско-Чуйской кольцевой структуры (600 км в поперечнике). Внизу — система разломов, построенная советским геологом Б. С. Зейликом



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ
АСТРОНОМИЯ

Алло, метеоры!

обоснования и проверки. Не все ясно и в тех метеоритных образованиях, которые в настоящее время изучаются. Однако нет никаких оснований полагать, что наша планета находилась в исключительных тепличных условиях и почему-то, в отличие от других планет Солнечной системы, не подвергалась интенсивной метеоритной бомбардировке. Таким образом, проблема метеоритных кратеров имеет свои космические истоки. Мы убедились в существовании астроблем на Земле, взглянув на нее из Космоса и рассмотрев поближе другие планеты.

Нам остается хотя бы очень кратко рассказать о том, зачем все-таки нужно изучать метеоритные кратеры. Это необходимо прежде всего для того, чтобы уточнить условия формирования облика нашей планеты.

Исследование метеоритных кратеров важно также для науки будущего: ведь в нашем распоряжении оказался эксперимент, проделанный самой природой и пока неосуществимый в лабораторных условиях.

Необходимость поисков и изучения структур, образованных метеоритным ударом и взрывом, полезна и потому, что с некоторыми структурами связаны месторождения полезных ископаемых. Например, одно из крупнейших в мире медно-никелевых месторождений Садбери в Канаде имеет, возможно, метеоритное происхождение. Кратерные депрессии могут оказаться благоприятным местом для отложений гипсоносных тел и горючих сланцев (например, Болтышская структура на Украине).

Можно привести еще немало примеров, показывающих практическую пользу от исследования метеоритных кратеров.

Рисунки В. Ловчука

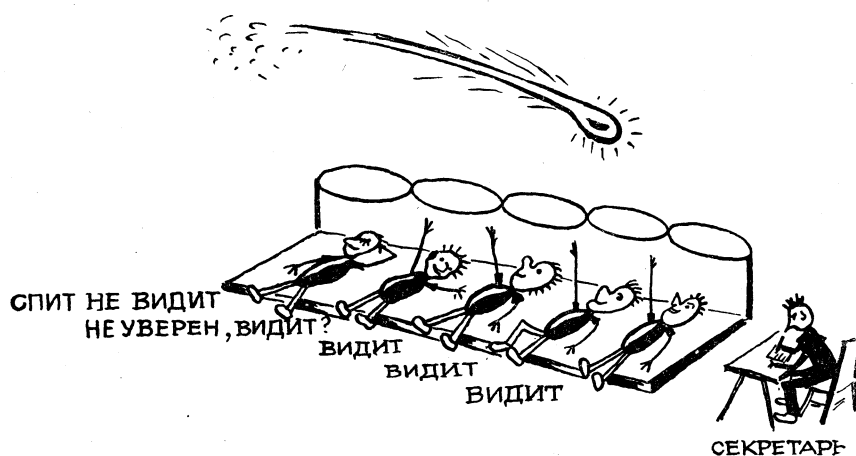
Всем, кто определяет численность метеоров визуальными методами, рекомендуем использовать при наблюдениях телефон. Зачем? — удивится выдавший виды метеорщик, у которого перед глазами сразу встает знакомая картина: группа наблюдателей просматривает одну и ту же область неба, а рядом с ними расположился секретарь. Он без всякого телефона прекрасно слышит все, что говорят ему наблюдатели, и заносит эти данные в журнал. Прежде чем ответить на этот вопрос, несколько слов о самом методе многократного счета метеоров. Давно известно, что один наблюдатель не в состоянии зафиксировать все метеоры, появившиеся в сколь-нибудь обширной области неба. Так же обстоит дело и с группой наблюдателей. Однако для группы можно определить, какой процент метеоров данной яркости зарегистрирован. Впервые это сделал Э. Эпик в 1914 году. Он ввел понятие «коэффициента замечаемости», равного отношению числа зафиксированных наблюдателем метеоров к числу появившихся. Коэффициент замечаемости — это вероятность обнаружить наблюдателем (или группой) метеор данной яркости. Индивидуальные коэффициенты можно определить, зная число общих метеоров между наблюдателями, а групповой коэффициент выражается через индивидуальные. Обе операции требуют применения правила перемножения вероятностей (П. Г. Куликовский. Справочник любителя астрономии. «Наука», М., 1971 г. стр. 350). Теория вероятностей утверждает, что необходимое условие применимости правила перемножения вероятностей — независимость случайных событий. В нашем случае это — независимость регистрации метеора разными наблюдателями. Выполняется ли такое условие в реальных наблюдениях? Это можно проверить, если сравнить наблюдения метеоров с расчетами их численности, сделанными в предположении независимости регистрации.



Для четырех наблюдателей, зарегистрировавших метеоры в Крыму в 1961 году, наблюдения и вычисления сильно отличаются друг от друга. Значит, гипотеза о независимости регистраций не может быть принята, и следовательно, оценки численности неверны.

Нужно ли усомниться в честности наблюдателей? Думается, что нет. Скорее всего здесь против воли наблюдателя действует психологический «эффект присоединения»: метеор, зафиксированный неуверенно, так что он, может быть, и не попал бы в журнал, найдя наблюдатель в одиночестве, становится самой достоверной реальностью, если о нем во всеуслышание объявляют соседи.

Иная картина, когда независимость регистраций обеспечена самой методикой наблюдений. В одну из ночей 1969 года три члена Крымского общества любителей астрономии под руководством В. Г. Выборного зафиксировали 81 метеор 6-й звездной величины. Наблюдатели располагались друг от друга в 60 м, а данные о метеорах они сообщали сек-



Стандартная обработка результатов наблюдений дает сначала возрастание численности до некоторой звездной величины, а затем уменьшение ее для самых слабых из наблюдавшихся метеоров. «Эффект присоединения» фиктивно увеличивает индивидуальные и групповой коэффициенты замечаемости. Для ярких метеоров это несущественно, потому что группа замечает их почти все. Для слабых же метеоров, замечаемость которых мала, «эффект присоединения» может существенно понизить оценку вероятного числа метеоров.

Итак, к традиционным рекомендациям при визуальных наблюдениях метеоров следует добавить еще одну — строгую независимость регистрации метеоров отдельными наблюдателями, — разумеется, не в ущерб остальным требованиям, и в первую очередь установлению факта общности некоторых метеоров. Кроме телефонной связи, здесь возможны и другие технические решения, например, кнопочная электрическая сигнализация. По-видимому, от установившейся практики передавать информацию о метеорах голосом нужно отказаться.

ДРАКОНИДЫ ЗАСЛУЖИВАЮТ ВНИМАНИЯ

После несостоявшегося метеорного дождя в 1972 году и слабой его активности в 1973 году («Земля и Вселенная», № 2, 1975 г., стр. 85. — *Ред.*) большинство наблюдателей метеоров потеряло интерес к этому потоку. Но полностью забывать Дракониды, безусловно, не следует.

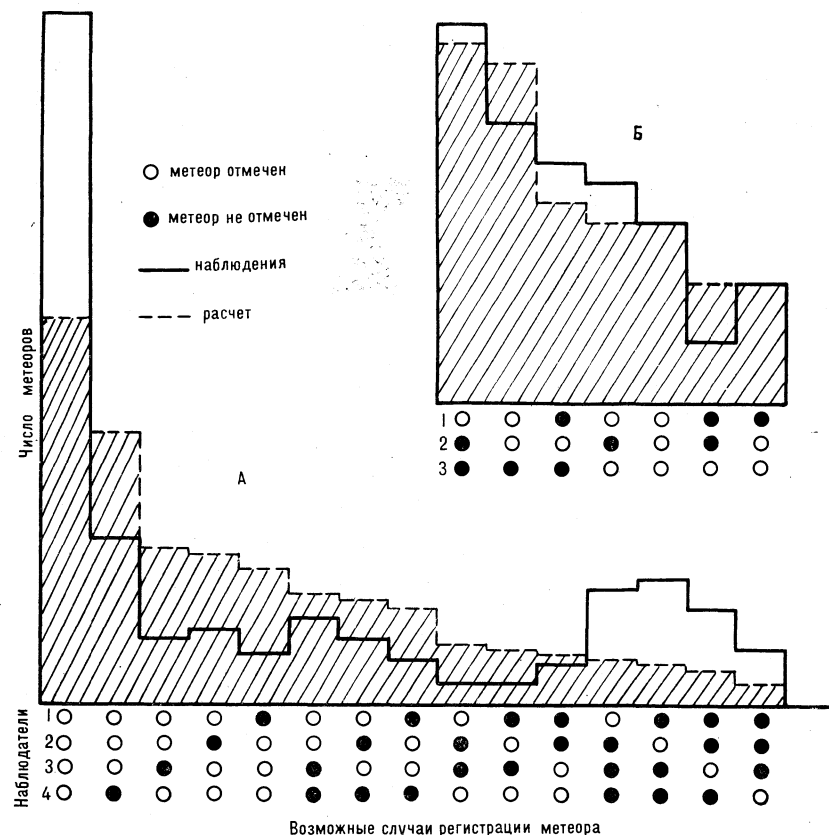
Одним из самых настойчивых наблюдателей оказался Н. В. Иванов из города Речицы Гомельской области. Наблюдения он проводил вблизи максимума потока: 7, 8, 9, 10 и 11 октября 1974 года. За 4,25 часа чистого времени в окрестностях созвездия Дракона он заметил 59 метеоров, из них 20 отнесены к драконидам. Причем, в ночь с 9 на 10 октября из радианта вылетело 12 метеоров.

Распределение метеоров по звездным величинам следующее:

Блеск —1 0 +1 +2 +3 +4 +5
Число 1 1 2 8 34 23 0

Большие потери слабых метеоров подтверждают, что в одиночку численность метеоров определять практически невозможно. Такие наблюдения должны быть групповыми.

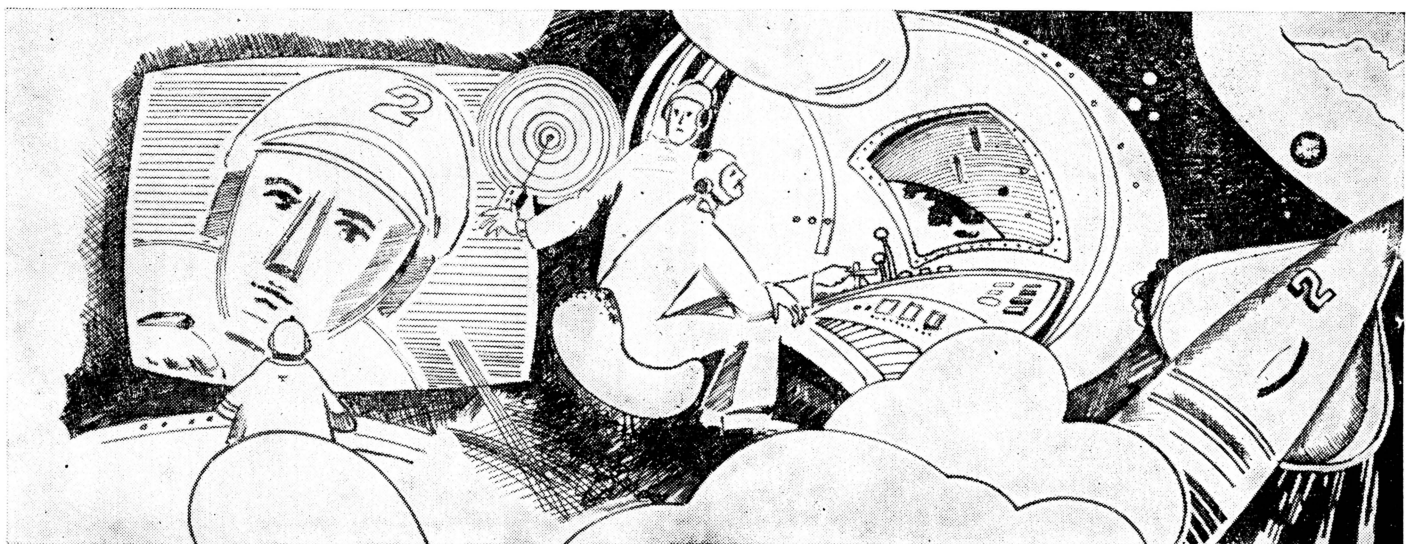
Раздел ведет И. Т. ЗОТКИН



ретарю по телефону. Таким образом, прямой контакт между наблюдателями был устранен. В результате — сократилось число фиктивных «общих метеоров» и вычисления и наблюдения почти совпали.

По-видимому, именно «эффект

присоединения» ответствен за характерное искажение функции светимости метеоров, построенной по данным визуального счета. В интервале от —2 до +5 звездной величины числа метеоров должны монотонно возрастать с уменьшением яркости.



М. Г. ПУХОВ

Необычное столкновение

Научно-фантастический рассказ

Я вновь встретил его через несколько лет на вокзальной площади, у фонтана. Здесь было безлюдно, солнце еще не взошло, но небо было уже голубое и чистое, потому что над астропортами облаков не бывает.

Фонтан на вокзальной площади по утрам бездействует. Днем из островка в центре бассейна бьет высокая радужная струя, и у барьера собираются люди. В бассейне плавают золотые рыбки. Люди любят смотреть, как они бросаются на хлебные крошки и исчезают в толще воды, и как их преследуют те, кому ничего не досталось...

Но утром площадь была пуста. Лишь на барьере у бассейна кто-то сидел спиной к астровокзалу. Мне стало любопытно, что он здесь делает в такую рань, и я пошел к нему через площадь.

Он сидел, свесив босые ноги в воду, и задумчиво глядел на ее гладкое зеркало. На этот раз лицо его было бледное, как у большинства космонавтов. Одет он был в обыкновенный гражданский костюм, но я его сразу узнал. Его выдал серповидный шрам на лице.

— Это опять Вы? — спросил я. — Доброе утро.

Он приветливо улыбнулся и посмотрел на часы с видом человека, который очень торопится.

— Вы уже уходите?

— Нет, — сказал он. — Я жду приятеля, мы только вчера вернулись. А почему вы спрашиваете?

— Я хочу, чтобы Вы опять что-нибудь рассказали, — объяснил я. — В труде пилота-десантника так много романтики.

— Вы опоздали. Я уже пять лет команду звездолетом.

— Скучно, наверное, быть командиром? — осведомился я.

— Нет. — Он помолчал. — Первое задание, которое я получил, было не сложным. Мы искали планетную систему на стадии возникновения. Считается, что зарождение звезд и планет происходит в холодных туманностях. Туманность — это очень большое облако пыли и газа. В первой из них мы ничего не обнаружили.

— И перелетели в другую, — догадался я.

— Точно. Они были очень похожи, хотя первая была темной, а вторая

флюоресцировала под лучами нескольких близких солнц. Но за месяц работы мы и здесь не нашли ничего, кроме пыли.

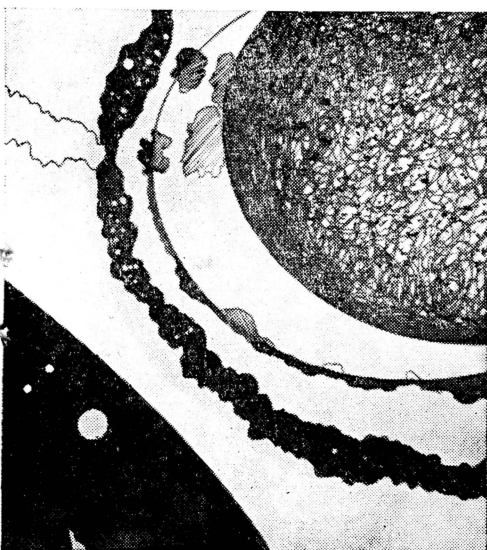
— И направились к третьей туманности.

— Почти так. Все было готово к переходу в новый район. Но кто-то из моих наблюдателей засек астероид.

— По-моему, все ваши истории начинаются с астероида, — вставил я. — А потом выясняется, что это вовсе не астероид.

— Вы проницательны. — Он усмехнулся. — Это была круглая глыба диаметром метров двести, и она находилась в пятидесяти миллионах километров от нас. Ее отражающие свойства оказались весьма необычными. Отлет из туманности пришлось отложить, и мы двинулись на сближение...

Расстояние, которое нас разделяло, было невелико. Гиперпереход исключался, и я вел корабль на умеренной скорости, собираясь подойти к планетке вплотную. Наблюдатели не отходили от телескопа, и вскоре выяснилось, что это не просто круглая глыба, как мы считали. Это была действительно сфера, а таких астероидов



не бывает. Может быть, перед нами искусственный объект? Подумав об этом, мы заспорили. Нас разделял уже всего миллион километров. Мы остановились, и я собрал командный состав в посту управления.

— Разве можно остановиться в пустоте?

— Конечно. Даже рядом с какой-нибудь планетой или другим небесным телом. Современные звездолеты послушны. Вы отдаете соответствующую команду, и дальнейшее происходит уже без вашего ведома. После остановки навигационные автоматы производят замеры гравитационных полей и, если необходимо, с помощью двигателей удерживают координаты. Как правило, это не ощущается.

— Что? Работа двигателей?

— Да. Конечно, если внешние поля сравнительно слабы. Но ни звезд, ни планет поблизости не было, и мы могли вдоволь любоваться чужим звездолетом. Постепенно мы пришли к мнению, что его пилотируют разумные существа, астронавты другого мира, и сейчас они тоже разглядывают нас сквозь свои телескопы.

— Смелый вывод. Из чего он следовал?

— Материальные памятники исчезнувших цивилизаций хорошо изучены. Но в наших каталогах не было сфер диаметром 200 метров — это раз. Плюс — рассеивающие свойства объекта. Спектральное распределение отраженного от него света было куда-то сдвинуто и вдобавок деформировано, и это легко объяснялось, если внутри находились существа, непригодные к привычным для нас излучениям. В остальном корабль не проявлял признаков жизни.

Само собой разумеется, никакие инструкции ничего подобного не предусматривали. Контакт — это, знаете ли, ответственность. После короткой дискуссии было решено, что для начала к чужому кораблю пойдут в двух одноместных зондах мои лучшие пилоты, самые опытные и осторожные. Операция выглядела простой. Они должны были приблизиться к нему, произвести съемку и вернуться. Мы согласовали стартовую программу и расписание радиосвязи — первый сеанс через час, а потом каждые полчаса. Наконец настал момент старта.

— Первая связь только через час?

— Да. Полет в один конец должен был продолжаться часов пять. До этапа тесного сближения ничего неожиданного произойти не могло. Кроме того, за каждым зондом, покинувшим звездолет, следит специальный телескоп. Ровно через две секунды после старта в посту управления загорается телеэкран, на котором отлично виден зонд.

Все приготовления были закончены, и ракеты одновременно покинули стартовые тоннели. На табло зажглись

надписи: «Тоннель 1 свободен», «тоннель 2 свободен»... Но истекли положенные две секунды, а экраны оставались слепыми. Прошло еще несколько секунд, минута, две. Кто-то побежал разыскивать радистов. В посту управления никого из них не было, потому что до начала сеанса все еще оставался час. Чужой корабль неподвижно завис на экранах, минуты уходили, ситуация не прояснялась, но вдруг одна из надписей на табло погасла. Через миг она вновь загорелась, но уже изменившись. Теперь надпись на табло гласила: «Тоннель 2 занят». Это означало, что одна из ракет возвратилась.

— Почему?

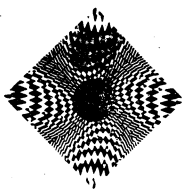
— Никто этого не знал. При такой ситуации в самом факте возвращения ничего невероятного не было. Порачительно, что вернулся один зонд, а не оба. Но самое удивительное началось еще через минуту, когда возвратившийся пилот ворвался в пост управления и закричал:

— Вы что, спятили? Немедленно поворачивайте!

Я до сих пор помню, какие у него были глаза, когда он пытался заставить меня немедленно развернуться и возвратиться в точку старта ракет.

Наконец он понял, что мы не злоумышленники и не умалишенные, и к нему вернулась способность слушать. Я познакомил его с тем, что вы знаете. В ответ он рассказал собственную историю.

Дело, по его словам, происходило так. Когда зонды покинули стартовые тоннели, наш корабль неожиданно для пилотов пошел мимо них, как перрон космического вокзала. Поравнявшись с кормовым срезом, они



ФАНТАСТИКА

увидели, что двигатели корабля включены. Звездолет удирал на полной тяге прочь от скрытого где-то вдали чужого.

Пилоты попытались выйти на внеочередную связь, но никто не откликнулся. Звездолет продолжал удаляться, и они приняли, вероятно, оптимальное решение: один продолжал действовать по программе, а второй вернулся, чтобы выяснить, что происходит.

Но выяснять нам пришлось вместе. Времени это почти не заняло. Оказалось, что, подчиняясь команде, наш звездолет покоится относительно звезд, но его маршевый двигатель работает. Он работал, чтобы скомпенсировать действие неизвестной силы, увлекающей нас к чужому кораблю.

Когда мы это поняли, нам стало страшно. Чужой корабль не подавал ни признаков жизни, ни сигналов — так мы думали раньше. Это не соответствовало действительности. Он создавал мощное притягивающее поле, чтобы подтащить нас к себе. Напряженность поля была колоссальной. Нас разделял миллион километров, но двигатель работал так, будто надо было зависнуть над планетой размером с Марс.

Остальное понятно. Когда зонды стартовали, поле чужого подхватило их и понесло прочь от нашего корабля. Движение — вещь относительная, и пилотам казалось, будто это мы уходим без предупреждения. Один из них все еще оставался на траектории.

Наконец, нашелся радист, и мы установили связь с пилотом, продолжавшим работу по программе. Я

объяснил ему ситуацию. Следует отметить, что сила, увлекающая его к чужому кораблю, возрастала по мере приближения. Но с момента старта прошло всего десять минут, расстояние между нами не достигло еще и тысячи километров и, хотя скорость зонда увеличилась до трех километров в секунду, его ускорение почти не изменилось. Паниковать было рано. Я спокойно обрисовал ему ситуацию и рекомендовал лечь на обратный курс. Он не менее спокойно отказался.

— Он нарушил дисциплину?

— Нет. Зонд — автономная единица. Конечно, на борту звездолета все подчиняется командиру. Но выйдя в космос, пилот становится самостоятельным. По ряду причин так удобнее.

— Но какие у него мотивы?

— Он полагал, что это — первый шаг к контакту, и считал, что я преувеличиваю опасность. По его мнению, чужие включили поле, чтобы помочь ему подойти к ним. Потом они выключат поле. Спорить было бесполезно.

Время тянулось медленно. Прошел час, другой. Зонд ускорялся. Мы уже знали, что поле чужого одинаково действует на все предметы и сообщает им равные ускорения. Из всех полей только гравитационное обладает этим свойством. Вероятно, у чужих звездолетчиков был искусственный источник направленной гравитации — нечто вроде гравитационного лазера.

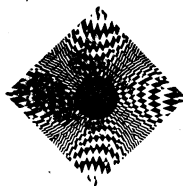
Приближалась критическая минута. Я упоминал, что ускорение, с которым двигался зонд, постепенно нарастало. Через три с половиной часа

оно увеличилось вчетверо и достигло 2 g. Скорость зонда возросла до ста километров в секунду. Его двигатель мог обеспечить полет на 2,5 g, но не больше. Конечно, пилот знал это, тем не менее он опять отказался вернуться. Он уже прошел полпути до чужого корабля. Вторая половина короче, — заявил он. И вновь возразить было нечего.

Темп событий нарастал. Зонд летел по эллиптической траектории, и поэтому чужой звездолет находился пока вне поля зрения следящего телескопа. Спустя четыре часа после старта зонд прошел уже девять десятых всего расстояния; его скорость возросла до трехсот километров в секунду, а ускорение — до пятидесяти единиц. Обратный путь был закрыт. Чужие все еще не снимали разгоняющее поле, и было непонятно, каким образом они собираются остановить зонд. Его скорость и ускорение росли. Связь была устойчивой. Пилот оставался спокоен, хотя многим уже казалось, что он обречен. Но чужим от этой встречи тоже не поздоровилось бы. Продолжать разгон с их стороны было равносильно самоубийству. Поэтому оставалась надежда.

Вскоре нарушилась связь. Доплеровский сдвиг увеличил частоту передатчика за пределы приемного фильтра. Разумеется, заранее никто не предполагал, что взаимная скорость зонда и звездолета может приблизиться к световой.

Все кончилось стремительно. Изображение ракеты смазалось, исчезло, телескоп не мог уследить за ее движением. Мы даже не заметили, как силуэт чужого звездолета вошел в



ФАНТАСТИКА

поле зрения. А еще через миг на экране не осталось ничего, кроме багрового света туманности...

— Они взорвались оба?

— Нет. Телескоп сопровождения проскочил точку встречи. Но на других экранах чужой корабль стоял так же неподвижно, как и раньше, таинственный и зловещий. Зонд будто испарился. А для чужого это столкновение было как укус комара.

Через некоторое время кто-то из наблюдателей заметил, что в точке, где траектория зонда пересеклась с поверхностью сферы, образовался микроскопический бугорок. Что-то вроде прыщика высотой в два метра. Это было все, что осталось от зонда. Величина бугорка уменьшалась. Он незаметно для глаза укорачивался, но этот процесс протекал так медленно, что его завершения мы дожидаться не стали...

Он замолчал, повернув лицо к шоссе, ведущему в город. Вдали появилась точка. Она увеличивалась, превращаясь в автомобиль.

— Наконец-то. — Он перекинул ноги через барьер бассейна и обулся. — Это товарищ, которого я жду. Мы только вчера вернулись, а сейчас летим в другое место.

— Не уходите. Расскажите, что было дальше.

— Только не перебивайте, — предупредил он. — Я буду краток. Зонд исчез, в остальном изменений не произошло. Туманность багрово светилась. Чужой корабль по-прежнему висел неподвижно, пытаясь притянуть нас своей таинственной силой. Оставаться на месте было бессмысленно. Я выждал положенное время — сутки, пока кончится кислород в кабине

зонда. Так полагается делать, даже если вы уверены, что человек погиб. Через сутки мы стартовали.

Происшествие было невероятным. На Земле создали специальную комиссию. Сначала нам не хотели верить. Мы предъявили пленки. Когда их просматривали в замедленном темпе, выяснилось, что этап сближения протекал не совсем так, как нам представлялось. Вначале зонд разогнался до немыслимой скорости и его изображение смазалось. Но потом оно вновь возникло. Это происходило уже рядом с чужим кораблем. Зонд тормозил, причем его торможение нельзя сравнить даже с разгоном. Зонд набирал скорость четыре часа. Он погасил ее полностью на каком-то десятке метров. Почему он не разлетелся в куски, было непонятно. Во что превратился пилот, было страшно подумать. Но зонд сбросил скорость до нуля. Он тормозил, при этом корма двигалась быстрее, чем нос. Он тормозил, одновременно деформируясь, сплющиваясь, укорачиваясь. И тот почти неподвижный нарост, который мы потом обнаружили, был зондом, укороченным и деформированным...

Он опять замолчал. Автомобиль бесшумно подкатил к стоянке. Пассажир помахал нам рукой и пошел через площадь.

— Но зачем они так поступили?

— Понять это мы не могли. В комиссии собрались ведущие специалисты по галактическим культурам, но никто не мог предложить разумного объяснения. Работа комиссии зашла в тупик. Тогда пригласили нескольких физиков. Они-то и разрешили все наши затруднения.

— Физики? Типы, которые так любят шутить?

— С этим мы тоже столкнулись. Они пришли на заседание, просмотрели наиболее жуткие кадры, выслушали наши не менее жуткие комментарии и расхохотались. Они смеялись долго и громко. Потом они все объяснили.

Оказывается, объект, который мы встретили в багровой туманности, вовсе не был звездолетом чужой цивилизации, у которой возникли враждебные чувства к землянам. Это все-таки было естественное образование. Но, конечно, не астероид. Это была черная дыра.

— Черная дыра? Но ведь ее нельзя увидеть!

— Мы сказали им то же самое. С этим они не спорили. Они просто напомнили нам, что время в окрестностях черной дыры течет очень медленно, почти останавливается. Это приводит к тому, что ни один предмет, падающий в черную дыру, не может в нее упасть. Для постороннего наблюдателя он будет бесконечно долго приближаться к загадочной «сфере Шварцшильда», но никогда ее не достигнет. За миллиарды лет, проведенные в туманности, черная дыра стянула к себе громадные количества пыли. Образно говоря, шар, который мы видели, и был сферой Шварцшильда, облепленной пылинками, которые падали, но не могли упасть на нее. Мы видели оболочку из пыли, спрессованной временем.

Его приятель молча остановился рядом с нами. Он был обыкновенный, ничем не примечательный. У него не было даже шрама.

— Да, это на них похоже, — сказал

Книги 1976 года

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

я, имея в виду физиков.—Предложите парадокс, и больше им ничего не надо. Они будут смеяться, если кому-нибудь непонятно то, что знают они. Но ведь речь шла о гибели человека!

— Верно. Но они сказали такое, что мы сразу им все простили. Они объяснили, что это относится не только к пылинкам, но и к зонду. Торможение, которое должно было раздавить пилота, существовало только для нас — оно было следствием разного хода времени в двух системах отсчета. Деформация и сплющивание ракеты тоже были своеобразной иллюзией, связанной с искривлением пространства. Словом, пилот остался цел и невредим. Физики сказали, что вызвать его ничего не стоит, хотя технически это довольно сложно. Но торопиться некуда, заявили они. Спасатели могут прийти через миллион лет и все равно не опоздают: ведь в его времени операция займет доли секунды. Научно-техническое обеспечение физики взяли на себя. Подготовка к спасательной экспедиции продолжалась три года и только недавно закончилась.

— Ну, желаю успеха,— сказал я, когда он замолчал.— У меня есть просьба. Вы знаете, как я люблю такие рассказы. Мне хотелось бы поговорить с этим смелым пилотом, когда он вернется. Можно будет это устроить?

— Мы вернулись вчера. И устроить это нетрудно.

Он обернулся к своему товарищу:

— Ты не возражаешь?..

В разделе учебной литературы готовится к выпуску переработанное и дополненное издание книги **Н. П. Грушинского «Теория фигуры Земли»**, посвященной проблеме изучения формы и размеров Земли всеми доступными методами. Значительной переработке подверглась третья часть, связанная с использованием искусственных спутников Земли.

Намечено издание пяти научных монографий, три из которых можно рекомендовать квалифицированным любителям астрономии. Это — тринадцатый выпуск сборника **«Историко-астрономические исследования»**. Первая часть сборника посвящена истории среднеазиатской астрономии. Во второй части собраны статьи различного содержания: С. В. Житомирский «Об астрономических работах Архимеда», И. И. Неяченко «История Симеизской обсерватории», Б. Е. Туманян «Астрономические инструменты древней и средневековой Армении» и ряд других.

Цель книги **Э. А. Дибая и С. А. Каплана «Размерности и подобия астрофизических величин»** — познакомить читателя с методами теории размерности и подобия, полезными для решения различных физических и астрофизических задач (теория внутреннего строения звезд, пульсация звезд, турбулентность и конвекция).

Готовится новое издание монографии **И. С. Шкловского «Сверхновые звезды и связанные с ними пробле-**

мы». Необходимость выпуска второго издания монографии становится понятной уже из простого перечисления новых открытий, сделанных в этой области: открытие пульсаров, новые исследования спектров сверхновых звезд, исследования в рентгеновской области спектра.

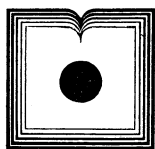
Фундаментальное руководство **Н. Н. Михельсона «Оптические телескопы. Теория и конструкция»** заинтересует телескопостроителей, астрономов, студентов и аспирантов астрономических отделений университетов и оптико-механических вузов.

Монография **Е. Штифеля и Г. Шейфеле «Линейная и регулярная небесная механика»** (перевод с англ.) рассчитана на математиков, небесных механиков и механиков.

В разделе справочной литературы — 80-й выпуск ежегодного **«Астрономического календаря»** с традиционным содержанием (эфемериды, обзорные и юбилейные статьи, библиография), а также новое издание **«Справочного руководства по небесной механике и астеродинамике»** **В. К. Абалакина, Е. П. Аксенова, В. Г. Демина, Е. А. Гребенникова и Ю. А. Рябова**. Это издание значительно дополнено новым материалом.

Обширен и разнообразен раздел научно-популярной литературы. Готовится к выпуску седьмое, переработанное издание книги **Б. А. Воронцова-Вельяминова «Очерки о Вселенной»**, настольной книги уже не одного поколения начинающих любителей астрономии.

В новом издании будет опубликована научно-популярная книга **И. С. Шкловского «Вселенная, жизнь,**



КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

разум». В четвертом издании серьезно пересмотру подверглись разделы, посвященные телам Солнечной системы (много новых данных принесли в последние годы автоматические межпланетные станции).

Значительно переработанной выйдет книга **М. С. Навашина «Телескоп астронома-любителя»**. В книгу включены дополнения, написанные **М. М. Шемякиным, А. С. Фоминым и А. Н. Подъяпольским**.

В книге **И. А. Климишина «Астрономия наших дней»** изложены основные понятия, представления и законы, на которых базируется современная астрономия. Автор описывает различные небесные объекты, рассказывает об их физической природе. В книге содержится много формул и графиков. Можно надеяться, что книга будет полезна преподавателям астрономии, лекторам, студентам, квалифицированным любителям и лицам, работающим в смежных с астрономией областях науки.

По ряду причин на 1976 год переносится выпуск книги **В. В. Казютина и В. Н. Комарова «Взрывающаяся Вселенная»**, о которой рассказывалось в обзоре на 1975 год.

Издательство рекомендует читателям пользоваться системой предварительного заказа намеченных к выпуску книг в магазинах «Союзкниги» и «Академкниги», так как это будет способствовать правильному определению тиражей.

И. Е. РАХЛИН

НОВЫЕ КНИГИ

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРОЕНИИ И ЭВОЛЮЦИИ ВСЕЛЕННОЙ

Только что вышла в свет книга академика **Я. Б. Зельдовича и И. Д. Новикова «Строение и эволюция Вселенной»** («Наука», 1975). Новая монография (объемом более 700 страниц), посвященная анализу «классических» и «новейших» проблем космологии, состоит из пяти основных разделов: «Расширение и геометрия однородной изотропной Вселенной», «Физические процессы в горячей Вселенной», «Гравитационная неустойчивость в космологии и образование галактик», «Анизотропная космология», «Сингулярность и развитие теории тяготения». Содержание этих разделов раскрыто в 23 главах монографии. Вот название лишь некоторых глав: «Релятивистская теория однородной изотропной Вселенной», «Распространение света и нейтрино; методы проверки космологических теорий наблюдениями», «Космологическая постоянная», «Кинетика процессов с элементарными частицами», «Гравитационная неустойчивость в ньютоновской теории», «Теория образования галактик», «Гравитационные волны в космологии», «Общий анализ однородных космологических моделей», «Космологическая сингулярность», «Физические процессы вблизи сингулярности и развитие теории тяготения».

Книга снабжена обширным библиографическим указателем работ советских и зарубежных ученых.

Как и в своих предыдущих книгах — «Релятивистская астрофизика» («Наука», 1967) и «Теория тяготения и эволюция звезд» («Наука», 1971), — авторы этой книги «стремились наряду с математической теорией процессов дать наглядную интерпретацию теории и, особенно, показать, как применяется формализм теории в решении конкретных задач».

В целом книга предназначена для специалистов, занимающихся различными проблемами космологии, но, по мнению авторов, «части монографии, в которых описаны основные наблюдательные факты и классические теории, должны входить в общеобразовательный минимум астронома и даже каждого физика».

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ПО КОСМОНАВИКЕ

Студентам (и прежде всего тем из них, которые специализируются в области летательных аппаратов), адресована книга **В. П. Бурдакова и Ф. Ю. Зигеля «Физические основы космонавтики»** («Атомиздат», 1975). В отечественной литературе подобное пособие выпускается впервые. В первой главе книги («Цели, задачи и методы изучения и освоения космоса») содержатся сведения из истории развития космонавтики, рассказывается о проблемах и методах исследования космоса, а также о перспективах космонавтики. Вторая глава («Элементы динамики космического полета») знакомит читателей с траекториями полетов различных космических объектов; в ней говорится и о полетах с двигателями малой тяги, затрагивается проблема межзвездных перелетов и в заключение сообщается о принципах навигации, ориентации и управления космическими аппаратами. Две последние главы («Земля и околоземное пространство» и «Солнечная система») содержат полезные студентам геофизические и астрономические сведения. Наконец в пятой главе («Факторы космического полета») рассматриваются вибрации, перегрузки, невесомость, тепловое и радиационное воздействие, метеоритная опасность, а также некоторые другие эффекты, учет которых необходим для успешного осуществления полетов в космос.



НОВАЯ ЗВЕЗДА В ЛЕБЕДЕ

Вечером 29 августа в 20 часов 30 минут московского времени на Южной станции Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга в Крыму студент-практикант Московского университета Сергей Шугаров обнаружил Новую звезду в созвездии Лебеда.

Одного взгляда на небо было достаточно, чтобы убедиться в достоверности открытия — созвездие Лебеда стало неузнаваемым: рядом с Денебом, в $4-5^\circ$ от него, сияла звезда второй величины, лишь немного слабее звезды γ Лебеда.

Все пять телескопов Южной станции были немедленно направлены на Новую. Но приборы и методы пришлось срочно перестраивать из-за слишком большой яркости Новой. Ее световой поток раз в 600 превышал наибольший уровень потока от объектов, обычно изучаемых с этими приборами.

К утру 30 августа блеск Новой стал 2,26 звездной величины. Он возрос за ночь на 0,3 величины. Это — немного для Новой, которая «спешит» к максимуму. Следовало думать, что звезда уже почти подошла к максимуму вспышки, возрастание блеска замедлилось, и потому можно было ожидать, что Новая не станет ярче Денеба (1,25 величины). Это и подтвердилось: в следующий вечер мы измерили ее блеск — 1,93 звездной величины, а еще сутки спустя, вечером 31 августа, сквозь прорывы в облаках мы увидели Новую почти такой же. Ее максимум произошел где-то между 30 и 31 августа. Максимум был «острый»: под утро 1 сентября Новая стала 2,2 величины, а вечером того же дня она имела звездную величину 2,6. Наконец, вечером 3 сентября она была почти 5-й величины.

Спектр Новой, «фотографированный на Южной станции Государ-

ственно-о астрономического института имени П. К. Штернберга 29 августа, тоже говорил о близости максимума. Это был спектр звезды-гиганта с тонкими линиями поглощения. Спектр, полученный на Крымской астрофизической обсерватории несколько позже, уже не показывал линий, кроме линий межзвездного газа. Это означало, что спектральные линии Новой стали предельно тонкими, как у сверхгигантской звезды, что расширяющаяся внешняя оболочка звезды вот-вот потеряет целостность и разорвется на отдельные облака горячего газа. Действительно, 30 августа в спектре появились свойственные ему эмиссионные линии, а 31 августа — широкие яркие полосы, подчеркнутые поглощением с коротковолновой стороны. Ширина полос указывала на скорость расширения оболочки около 2500 км/сек.

Просмотр старых фотографий области Новой говорит, что на ее месте не было звезды ярче 20-й величины. Таким образом, полная амплитуда вспышки Новой превосходит 18 звездных величин — больше чем у очень быстрой Новой, вспыхивавшей в созвездии Кормы в 1942 году.

По-видимому, первым — в ночь на 29 августа — обнаружил Новую японский любитель Осада, за ним Хонда, а третьим был Шугаров. Потом Новую заметили многие астрономы и любители у нас и за рубежом.

Северное полушарие Земли давно (с 1934 г.) не знало столь яркой Новой звезды. Интерес к ней велик, наблюдения ведутся интенсивно, и можно надеяться, что они принесут ценные данные для раскрытия природы Новых.

Профессор Д. Я. МАРТЫНОВ

5 СЕНТЯБРЬ ОКТАБРЬ 1975 ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Орган Секции физико-технических и математических наук, Секции наук о Земле Президиума Академии наук СССР и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ

Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН

Член-корреспондент АН СССР Г. А. АВСЮК, доктор географ. наук А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, член-корреспондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор техн. наук А. А. ИЗOTOV, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор географ. наук В. Г. КОРТ, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, доктор физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ

Адрес редакции: 117333 Москва, В-333, Ленинский пр., д. 61/1, тел. 135-64-81, 135-63-08

Художественный редактор
Л. Я. ШИМКИНА

Корректоры: С. М. Веритэ, Т. Н. Морозова

Обложку оформил М. Златковский

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна

T-14963. Подписано в печать 8/X 1975 г. Сдано в набор 30/VI 1975 г. Формат бумаги 84×108¹/₁₆. Бум. л. 3,0. Печ. л. 10,08. Уч.-изд. л. 9,1. Цена 40 коп. Тираж 45 000 экз. Заказ 2535.

2-я типография издательства «Наука». 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10.

О сотрудничестве в области науки и техники

Государства-участники, убежденные в том, что научно-техническое сотрудничество вносит важный вклад в дело укрепления безопасности и сотрудничества между ними, содействуя эффективному решению проблем, представляющих общий интерес, и улучшению условий жизни человека,

считая важным при развитии такого сотрудничества способствовать обмену информацией и опытом, содействуя изучению и передаче научно-технических достижений, а также доступу к таким достижениям на взаимовыгодной основе и в областях сотрудничества, согласованных между заинтересованными сторонами,

считая, что определять возможности для взаимовыгодного сотрудничества и разрабатывать его детали будут потенциальные партнеры, то есть компетентные организации, учреждения, предприятия, ученые и специалисты государств-участников,

подтверждая, что такое сотрудничество может развиваться и осуществляться на двусторонней и многосторонней основе, на правительственном и неправительственном уровнях, в том числе через межправительственные и другие соглашения, международные программы, совместные проекты и коммерческие каналы при использовании также различных форм контактов, включая непосредственные и индивидуальные контакты,

сознавая необходимость принятия мер по дальнейшему улучшению научно-технического сотрудничества между ними,

признают, что имеются возможности для дальнейшего улучшения

научно-технического сотрудничества, и с этой целью выражают свое намерение устранять затруднения такому сотрудничеству,

считают, что существуют возможности расширить сотрудничество в областях, приводимых ниже в качестве примеров, имея в виду, что проекты и договоренности, представляющие взаимный интерес и выгоды, будут намечаться и разрабатываться потенциальными партнерами в странах-участниках.

Энергия. Новая технология производства, передачи и распределения энергии, предназначенная для улучшения использования существующих топлив и гидроэнергетических источников; исследования в области новых источников энергии, в том числе атомной, солнечной и геотермальной энергии.

Новая технология, рациональное использование ресурсов. Исследования в области новых технологических процессов и оборудования, позволяющих, в частности, снижать потребление энергии, а также сводить до минимума или устранять производственные отходы.

Физика. Изучение проблем физики высоких энергий и физики плазмы; исследования в области теоретической и экспериментальной ядерной физики.

Метеорология и гидрология. Метеорологические и гидрологические исследования, включая методы сбора, оценки и передачи данных и их использование для составления гид-

рометеорологических прогнозов.

Океанография. Океанографические исследования, включая изучение взаимодействия воздушной и морской сред.

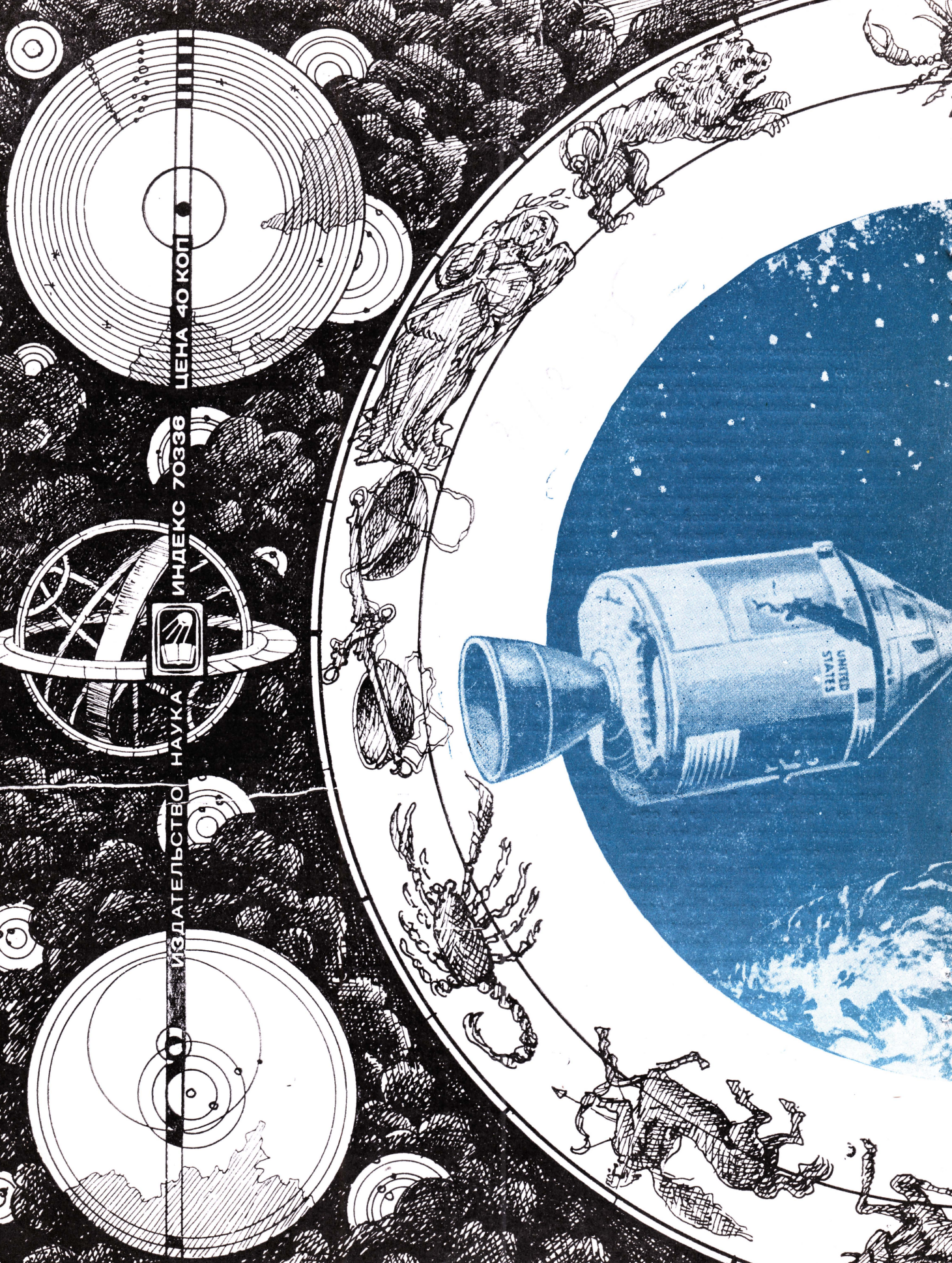
Сейсмологические исследования. Изучение и прогнозирование землетрясений и связанных с ними геологических изменений; исследования и разработки в области техники сейсмостойкого строительства.

Исследования в области гляциологии, вечной мерзлоты и проблем жизни в условиях холода. Исследования в области гляциологии и вечной мерзлоты; транспортная и строительная техника; адаптация человека к крайне неблагоприятным для него климатическим условиям и изменения в условиях жизни коренного населения.

Космические исследования. Исследования космического пространства и изучение природных ресурсов Земли и ее биосферы с использованием дистанционного зондирования, в частности при помощи спутников и ракет-зондов.

Исследования в области окружающей среды. Исследования конкретных научных и технических проблем, относящихся к окружающей человека среде.

(Из «Заключительного акта», торжественно подписанного 1 августа 1975 года в Хельсинки представителями 35 государств-участников Совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе)



ЦЕНА 40 КОП.

ИНДЕКС 70336

НАУКА

ИЗДАТЕЛЬСТВО